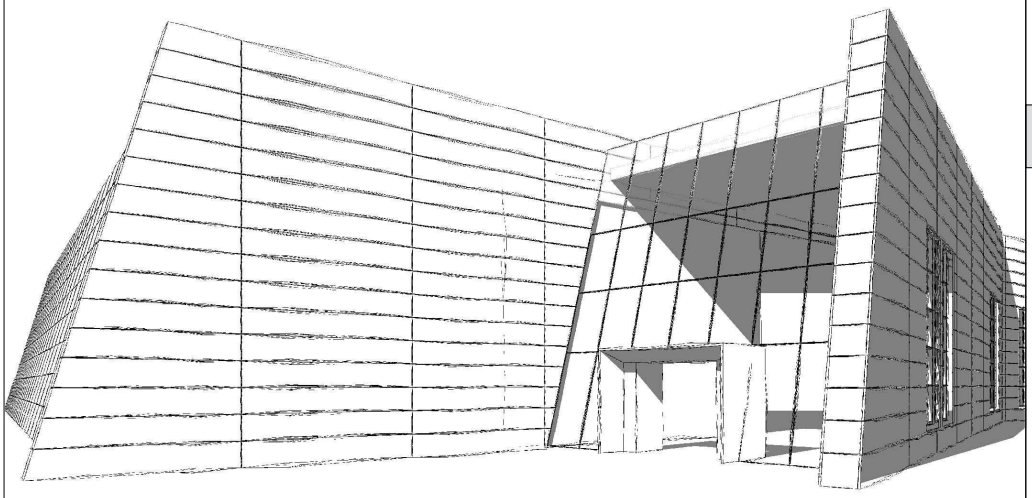
COMUNE DI PONTE SAN PIETRO (BG)



VERIFICA DI OTTEMPERANZA

OGGETTO

"Ottemperanza alle prescrizioni 1-10 del Decreto MASE VIA 0000592 del 06-10-2025 ai sensi dell'art. 28 del D.Lgs, 152/2006

Progetto del Polo Tecnologico Aruba Spa costituito da DataCenter che prevede l'installazione di gruppi elettrogeni di emergenza, alimentati a gasolio (potenza termica nominale totale pari a 297,375 MWt)".

1 - SALUTE PUBBLICA

1.2

TITOLO

STUDIO DIFFUSIONALE

SCALA:	DATA:
-	18/02/2026

ENTE PREPOSTO

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

SOGGETTI COINVOLTI

Proponente

Aruba S.p.a.
Via S.Clemente n. 53
24036 Ponte S. Pietro (BG)

Progettisti

Alvea S.r.l.
Via Elia Lombardini 13
20143 Milano

Alvea

Environment,
Your Next
Asset

Progetto: 25.001.03.P

TITOLO:

“Ottemperanza alle prescrizioni 1-10 del Decreto MASE VIA 0000592 del 06-10-2025 ai sensi dell’art. 28 del D.Lgs. 152/2006

Progetto del Polo Tecnologico Aruba Spa costituito da DataCenter che prevede l'installazione di gruppi elettrogeni di emergenza, alimentati a gasolio (potenza termica nominale totale pari a 297,375 MWt)”.

Studio diffusionale – Valutazione dell’impatto sulla qualità dell’aria

Preparato per: Aruba S.p.A.

Data: 06/02/2026

0

Titolo:

Progetto del Polo Tecnologico Aruba Spa costituito da DataCenter che prevede l'installazione di gruppi elettrogeni di emergenza, alimentati a gasolio (potenza termica nominale totale pari a 297,375 MWt)".

Aggiornamento del Piano di Monitoraggio Ambientale – Prescrizioni 6-7-8-10 del Decreto Mase VIA 0000592 del 06-10-2025

Studio diffusionale – Valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria

Rev:	**data**	**emissione**	**note**
0	06/02/2026	prima	

Redatto	**Verificato**	**Approvato**
P. Colombo	P. Colombo	P. Mauri

Sommario

1 PREMESSA 5
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 7
3 LAYOUT PROGETTUALE DICEMBRE 2025 8
4 MODELLISTICA DIFFUSIONALE 10
4.1 Approccio metodologico 10
4.2 Calpuff Model System 11
5 SCENARIO EMISSIVO 13
6 QUALITÀ DELL'ARIA 15
6.1 La classificazione del territorio 15
6.2 La rete di monitoraggio 15
6.3 Stato della qualità dell'aria 18
6.4 Le emissioni comunali 19
7 METEOROLOGIA 21
7.1 Climatologia regionale 21
7.2 Meteorologia dell'area di intervento 21
8 DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI 28
8.1 Dominio di calcolo e recettori 28
8.2 Sorgenti emissive 30
8.3 Building downwash 33
8.4 Concentrazioni di NO2 34
9 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI 36
9.1 Valutazione della qualità dell'aria post-operam 37
10 CONCLUSIONI 40
11 MAPPE DI ISOCONCENTRAZIONE – CONFIGURAZIONE PROGETTUALE 41

Indice Figure

Figura 1: layout gruppi elettrogeni – dicembre 2025 8
Figura 2: Sezione locali tecnici installazione GE – dicembre 2025 9
Figura 3 Localizzazione delle stazioni fisse della rete regionale - Anno 2024. 17
Figura 4 Comune di Ponte San Pietro - Contributi percentuali alle emissioni per macro-settore. 20
Figura 5 Orografia del dominio di calcolo. 23
Figura 6 Land Use 24
Figura 7 Rosa dei venti presso l'area di progetto (fonte: elaborazione CALMET) anno solare 2022. 25
Figura 8 Rosa delle classi di stabilità presso l'area di progetto (fonte: elaborazione CALMET) anno solare 2022. 25
Figura 9 percentuale di accadimento delle classi di velocità del vento e delle classi di stabilità di Pasquill e Gifford elaborate da CALMET per l'area di progetto, anno 2022. 27
Figura 10 Griglie di calcolo utilizzate nelle simulazioni: meteorologica 400 metri e di campionamento 100 metri. 28
Figura 11 Posizione dei recettori nell'area di progetto. 29
Figura 12 Localizzazione punti di emissione su layout impianto. 33
Figura 13 Ricostruzione tridimensionale dell'area di impianto con ubicazione delle sorgenti simulate (in rosso) e degli edifici considerati per l'effetto building downwash (in grigio) 34
Figura 14 serie temporale di NO2 della stazione di Bergamo via Meucci estratta dal portale ARPA Lombardia. 38
Figura 15 concentrazione del biossido di azoto, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D. 42
Figura 16 concentrazione del biossido di azoto, 99.8° percentile delle medie orarie per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D. 43
Figura 17 concentrazione del PM10, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D. 44
Figura 18 concentrazione del PM10, 90.4° percentile delle medie giorno per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D. 45
Figura 19 concentrazione del monossido di carbonio massimo delle medie su 8 ore per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D. 46
Figura 20 concentrazione del SO2, 99.7° percentile delle medie ora per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D. 47
Figura 21 concentrazione del SO2, 99.2° percentile delle medie giorno per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D. 48

Indice tabelle

Tabella 1 Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.lgs. 155/2010 e smi. 7
Tabella 2 caratteristiche emissive dei generatori di emergenza. 13
Tabella 3 scenari di emissione considerati nel presente studio di dispersione. 14
Tabella 4 Inquinanti rilevati in continuo dalla Rete regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria. Fonte: Rapporto sulla qualità dell'aria della Lombardia - Anno 2024. 16
Tabella 5 Stazioni fisse di misura poste nella Provincia di Bergamo. Fonte: Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Bergamo. 17
Tabella 6 Valori di concentrazione misurati nella stazione di Bergamo Meucci e Garibaldi nell'anno 2024. 18
Tabella 7 Comune di Ponte San Pietro - Emissioni di inquinanti in atmosfera per macrosettore Ponte San Pietro codice 16170. 20
Tabella 8 Stazioni meteo utilizzate per la ricostruzione del campo meteorologico. 22
Tabella 9 distribuzione percentuale dell'accadimento su base oraria delle condizioni di vento, anno 2022. 26
Tabella 10 recettori discreti selezionati 29
Tabella 11 descrizione sorgenti emissive inserite in CALPUFF 32
Tabella 12 caratteristiche geometriche degli edifici considerati al fine di calcolare l'effetto building downwash 34
Tabella 13 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori SCENARIO TEST PERIODICI 10 minuti/mese 1 GE per volta. 36
Tabella 14 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori SCENARIO BLACK BUILDING + TEST PERIODICI 4 ore/anno per singolo building + 10 minuti/mese 1 GE per volta. 36
Tabella 15 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori SCENARIO ESERCIZIO Test + Back Building + Emergenza (1h). 37
Tabella 16 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori SCENARIO ESERCIZIO Test + Back Building + Emergenza (10h). 37
Tabella 17 Valori di concentrazione misurati nella stazione di Bergamo v.Meucci nell'anno 2022. 38
Tabella 18 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori PU. 39

Disclaimer

With this document, Alvea srl has fulfilled the commission entrusted to it by Aruba S.p.A. with the required diligence.

The calculations and results illustrated in this document have been obtained in compliance with current regulations and recognised rules in the sector of operation and are based on the state of knowledge at the time of writing the report.

In this regard, Alvea srl has prepared this documentation in accordance with the information and specifications provided by the Client, who therefore assumes all responsibility for the accuracy and correctness of the same.

To this end, Alvea srlconsiders that:

- the client, or third parties designated by them, have provided all the correct information and complete documents for the execution of the commission.
- this document will not be used in a partial manner.
- the processing and results contained in this document will not be used for any purpose other than that agreed upon or for any other purpose, nor will they be transposed to modified circumstances without being re-examined.
- in this document, the term "Client" refers to the company "Aruba S.p.A.", which has commissioned "Alvea" to draft this document.

Con il presente documento, Alvea srl ha eseguito l'incarico affidatole da Aruba S.p.A. con la dovuta diligenza.

I calcoli e i risultati illustrati nel presente documento sono stati ottenuti nel rispetto delle normative vigenti e delle regole riconosciute nel settore di attività e si basano sullo stato delle conoscenze al momento della stesura del rapporto.

A tal proposito, Alvea srl ha redatto la presente documentazione in conformità alle informazioni e alle specifiche fornite dal Cliente, che pertanto si assume ogni responsabilità in merito all'accuratezza e alla correttezza della stessa.

A tal fine, Alvea srl ritiene che:

- il Cliente, o terzi da lui designati, abbiano fornito tutte le informazioni corrette e la documentazione completa per l'esecuzione dell'incarico.
- il presente documento non verrà utilizzato in modo parziale.
- le elaborazioni e i risultati contenuti nel presente documento non verranno utilizzati per scopi diversi da quelli concordati o per qualsiasi altro scopo, né verranno trasposti a circostanze modificate senza essere riesaminati;
- nel presente documento, il termine "Cliente" si riferisce alla società "Aruba S.p.A.", che ha incaricato "Alvea" di redigere il presente documento.

1 PREMESSA

A seguito degli approfondimenti richiesti nel Decreto di Compatibilità Ambientale n. 592 del 06/10/2025 dal Ministero dell'Ambiente, si è proceduto alla predisposizione del progetto a supporto del permesso di costruire del Data Center D, che risulta essere stato ottimizzato in riferimento all'ubicazione dei gruppi elettrogeni, che dato il recupero dell'edificio esistente, vengono posizionati all'interno dello stesso, con punto di emissione dei fumi posti a 13m da pc; permangono invece inalterati il numero e le caratteristiche dei gruppi elettrogeni a servizio dello stesso.
La scelta di procedere con la ristrutturazione dell'edificio esistente è dovuta agli esiti di nuove indagini effettuate sulle strutture esistenti che hanno evidenziato come lo stesso possa essere recuperato ed adeguato sismicamente tramite il ringrosso dei pilastri con i relativi plinti di fondazione nonché tramite il montaggio di carpenterie metalliche in copertura. Questo recupero permette di posizionare i gruppi elettrogeni all'interno dell'edificio ed i punti di emissione a circa 13m di altezza da pc, determinando un miglioramento dal punto di vista degli impatti in termini di emissione e rumore.

In virtù di ciò, ai sensi dell'art. 6 comma 9 "*Per le modifiche, le estensioni o gli adeguamenti tecnici finalizzati a migliorare il rendimento e le prestazioni ambientali dei progetti elencati negli allegati II, II-bis, III e IV alla parte seconda del presente decreto, fatta eccezione per le modifiche o estensioni di cui al comma 7, lettera d), il proponente, in ragione della presunta assenza di potenziali impatti ambientali significativi e negativi, ha la facoltà di richiedere all'autorità competente, trasmettendo adeguati elementi informativi tramite apposite liste di controllo, una valutazione preliminare al fine di individuare l'eventuale procedura da avviare. L'autorità competente, entro trenta giorni dalla presentazione della richiesta di valutazione preliminare, comunica al proponente l'esito delle proprie valutazioni, indicando se le modifiche, le estensioni o gli adeguamenti tecnici devono essere assoggettati a verifica di assoggettabilità a VIA, a VIA, ovvero non rientrano nelle categorie di cui ai commi 6 o 7. L'esito della valutazione preliminare e la documentazione trasmessa dal proponente sono tempestivamente pubblicati dall'autorità competente sul proprio sito internet istituzionale" e* comma 9bis *"Nell'ambito dei progetti già autorizzati, per le varianti progettuali legate a modifiche, estensioni e adeguamenti tecnici non sostanziali che non comportino impatti ambientali significativi e negativi si applica la procedura di cui al comma 9" del D.Lgs. 152/200*6, si è proceduto alla predisposizione della Relazione di Valutazione Preliminare, che ha lo scopo di dimostrare che l'ottimizzazione del progetto non determina impatti significativi e negativi rispetto a quanto già valutato nella procedura di cui al D.M. 592 del 03/10/2025. Tale procedura è stata avviata in data 04 febbraio 2026 presso il sito dello stesso MASE.

A tal proposito, in riferimento agli impatti sulla matrice aria, si è proceduto all'aggiornamento del modello diffusionale in considerazione del nuovo layout progettuale, per gli scenari già valutati nell'ambito della procedura di impatto ambientale, considerando che le condizioni di funzionamento permangono sempre le stesse, ovvero:

- **Test di corretta accensione:** avviamento e spegnimento di un gruppo elettrogeno alla volta per una durata complessiva di massimo 10 minuti, al fine di permettere di verificarne la corretta entrata in esercizio in caso di blackout;
- **Black Building Test**: esercitazione controllata dello scenario di emergenza, determinata dall'accensione di tutti i gruppi elettrogeni relativi ad un building. È importante precisare che questo test, seppur programmato in condizioni climatiche idonee, viene effettuato solo se nei mesi precedenti non si sono verificate condizioni di blackout effettivo, che già permettono di attestare la corretta funzionalità in esercizio degli stessi gruppi elettrogeni e degli impianti in generale. Di

conseguenza, l'avverarsi dello scenario successivo (emergenza) potrebbe escludere l'esecuzione del Black Building Test. La frequenza prevista per questo test come standard è di una volta l'anno per ciascun edificio, secondo modalità ben specifiche al fine di scongiurare interruzioni dell'erogazione dei servizi data center durante il test. Pertanto, premesso che ciascuna sala server è dotata di un gruppo di sistemi ups aventi un'autonomia temporale garantita da batterie, il test viene condotto accendendo un gruppo elettrogeno per volta ad una distanza temporale di alcuni minuti. Ciò al fine di permettere allo stesso di ricevere il caico elettrico in maniera gestita e controllata; si procede quindi per successive accensioni fino all'ultimo gruppo. Completata questa procedura, i gruppi elettrogeni vengono fatti funzionare tutti contemporaneamente; indi, inizia il processo di spegnimento che segue, all'inverso, lo stesso criterio dell'accensione. Pertanto, durante il test, i gruppi elettrogeni di un ramo di alimentazione funzionano contemporaneamente e sotto carico solo per un'ora. La durata complessiva di queste prove nel corso dell'anno, a meno che non si siano già verificate condizioni di blackout che ne comportano l'annullamento, è pari quindi a 16 ore (4 per edificio), di cui solo 4 ore (1 per edificio) sono relative al funzionamento contemporaneo dei gruppi elettrogeni di un data center. Essendo un test autogestito, la procedura di esecuzione del black building test prevede inoltre di programmare le attività nelle condizioni meteoclimatiche più favorevoli, sulla base dell'elaborazione dei dati storici rilevati dalle centraline Arpa, oltre che delle previsioni meteo. La procedura prevede inoltre, come già specificato, la soppressione del test nel caso che nei mesi immediatamente presenti ci sia stato un blackout che abbia dimostrato il corretto funzionamento delle apparecchiature, di conseguenza, la frequenza del test stesso potrebbe essere addirittura superiore all'anno.

- **Emergenza:** rappresenta la condizione straordinaria in cui una potenza pari alla metà dei gruppi elettrogeni degli edifici in configurazione finale, causa blackout, viene accesa contemporaneamente. Ricordiamo che i gruppi elettrogeni sono presenti in quantità doppia rispetto alla potenza nominale per questioni di ridondanza e resilienza dei data center. Essendo condizioni di emergenza non possono essere programmate. Tuttavia, sulla base dell'analisi statistica dei dati degli anni pregressi, considerando la stabilità della rete di alimentazione primaria, la condizione di emergenza non ha mai superato, cumulativamente, un'ora di durata l'anno. A tal proposito si evidenzia che in caso di blackout di pochi secondi o anche un minuto oppure di piccoli sbalzi di tensione della rete, l'assenza di corrente elettrica viene sopperita dalla presenza dei gruppi di continuità con le relative batterie senza necessità di avviamento dei gruppi elettrogeni.

Gli esiti dell'aggiornamento dello studio confermano quanto già valutato nell'ambito della procedura di cui al Decreto Mase VIA n. 0000592 del 06 ottobre 2025.

Il documento viene allegato alla relazione di ottemperanza per completezza documentale e come dato di base per la predisposizione del documento "Profili di Salute" di cui al punto 1 del parere n. 74 del 21/05/2025 Commissione Tecnica VIA facente parte del decreto di cui sopra.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il principale riferimento normativo a livello nazionale in materia di qualità dell'aria è il Decreto Legislativo n. 155 del 13/08/2010, Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Con riferimento agli inquinanti esaminati nel presente studio, i valori limite per la tutela della qualità dell'aria stabiliti dal D.Lgs. 155/2010, Allegato XI, sono indicati in Tabella 1.

Inquinante	Livello di concentrazione	Tempo di mediazione	Valore limite
Biossido di azoto NO_2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/ m^3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/ m^3
Monossido di carbonio CO	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/ m^3
Particolato Atmosferico PM10	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/ m^3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3

Tabella 1 Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.lgs. 155/2010 e smi.

3 LAYOUT PROGETTUALE DICEMBRE 2025

Nel presente capitolo, si riporta la descrizione del progetto del Data Center D a seguito delle ottimizzazioni dovute al rispetto delle condizioni ambientali contenute nel D.M. 592 del 03/10/2025, emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – Direzione Generale Valutazioni Ambientali di concerto con il Ministero della Cultura – Direzione Generale Archeologica Belle Arti e Paesaggio ove è contenuto il giudizio positivo di compatibilità ambientale del "Progetto di Ampliamento del Polo Tecnologico Aruba S.p.A. costituito da Data Center nel Comune di Ponte San Pietro".

Nello specifico le ottimizzazioni, in riferimento agli impatti sulla qualità dell'aria, riguardano il riposizionamento dei n.30 gruppi elettrogeni già previsti per il Data Center D, internamente all'attuale building che sarà poggetto di recupero e riqualificazione, come si evince dal layout sotto riportato.

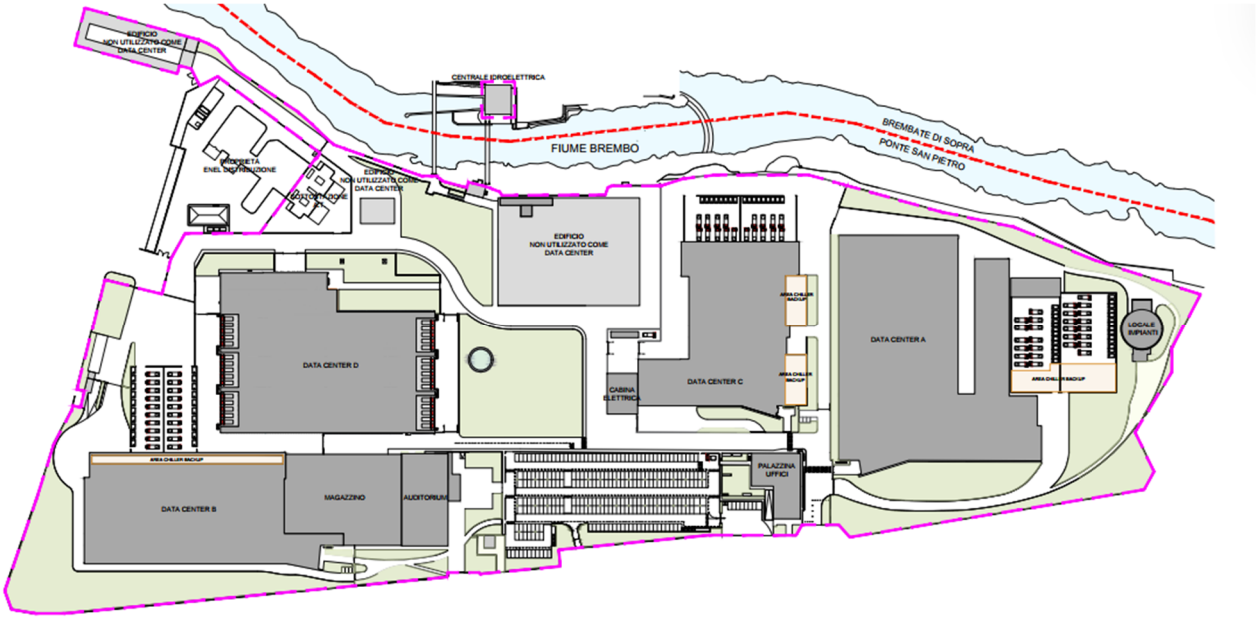


Figura 1: layout gruppi elettrogeni – dicembre 2025

I GE, <u>della stessa tipologia di quelli previsti nelle integrazioni di novembre 2024 e nel contributo spontaneo di aprile 2025</u>, saranno installati a gruppi di n. 5 per ogni power presente nell'edificio (n. 6 power), mentenendo così il numero totale dei gruppi elettrogeni previsti nel layout del novembre 2024 con l'unica differenza che, essendo ubicati all'interno del fabbricato, saranno della tipolpogia "aperta".

Nello specifico, i gruppi elettrogeni saranno collocati in locali tecnici appositamente predisposti all'interno del building, con immissione aria ed espulsione fumi dai camini posti a quota 12,7m dal piano di calpestio, espulsione aria tramite griglie poste a quota pavimento e dotati di setti insonorizzati, come da immagine sottostante.

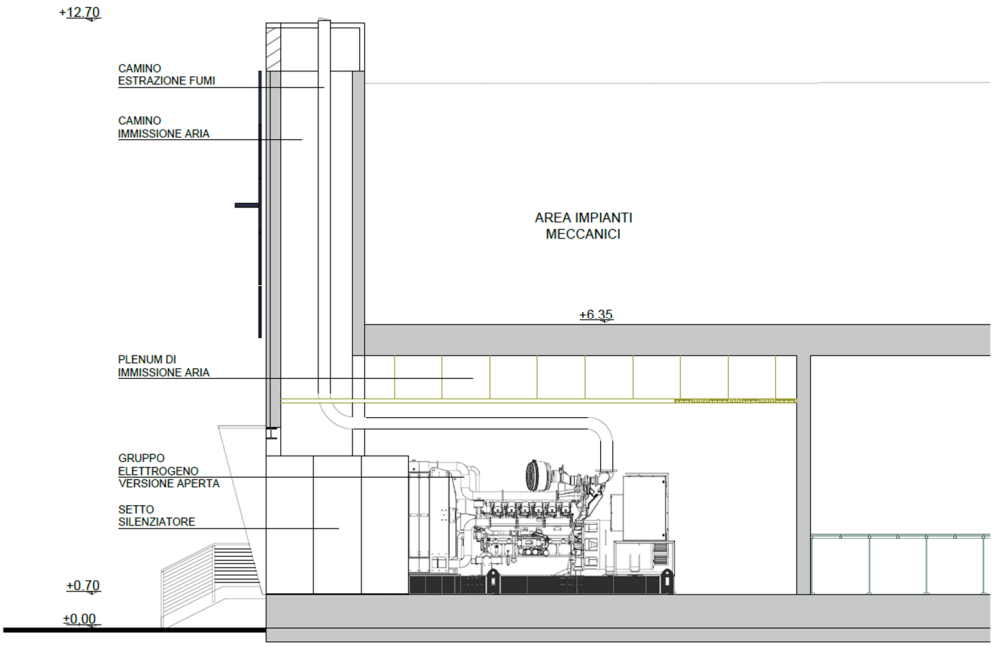


Figura 2: Sezione locali tecnici installazione GE – dicembre 2025

Trattasi di gruppi elettrogeni di marca Pramac modello GSW1780P con motore Perkins serie 4000 modello 4012-46TAG3A alimentati a gasolio, ciascuno con potenza termica pari a 3.100kWt; ovvero della stessa tipologia di quelli indicati nel layout allegato alla documentazione integrativa di novembre 2024.

A servizio dei gruppi elettrogeni il progetto prevede la realizzazione di n. 2 aree di installazione dei serbatoi di gasolio, costituitee ciascuna da n. 6 serbatoi interrati dalla capacità ciascuno di 25mc. Una di queste due aree si trova a nord del building, mentre l'altra è collocata a sud.

Considerando che il numero dei gruppi elettrogeni e le caratteristiche degli stessi rimangono immutati, la potenza termica totale che verrà installata nel campus con la messa in esercizio del Data Center D risulta essere la medesima di quella analizzata nella procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, conclusasi con giudizio di compatibilità ambientale positivo di cui al D.M. 592 del 03/10/2025, ovvero **297.375 kWt.**

I gruppi elettrogeni da installarsi, essendo all'interno dell'edificio, saranno della versione "aperta".

Ogni generatore sarà dotato di contatore delle ore di funzionamento, al fine di garantire il rispetto delle 500ore/anno previste dalla D.G.R. Lombardia n. IX/3934.

4 MODELLISTICA DIFFUSIONALE

4.1 Approccio metodologico

Sulla base di quanto già svolto nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, si è proceduto ad aggiornare il modello diffusionale delle emissioni in atmosfera di ossidi di azoto, polveri, monossido di carbonio e biossido di zolfo in riferimento al nuovo layout del Data Center D così come illustato nel capitolo 3 del presente documento.

L'obiettivo dello studio è la valutazione, per mezzo dell'applicazione di un opportuno modello diffusionale (UNI 10964:2001 "Studi di impatto ambientale - Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria"; UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici"), della concentrazioni degli inquinanti caratteristici di tutte le sorgenti emissive sul territorio circostante, in riferimento proprio al nuovo layout.

Le fasi di sviluppo del presente studio sono:

1) **Acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali (DTM, utilizzo del suolo etc**.): trattasi degli stessi dati già utilizzati negli studi precedenti. Nello specifico:
   a) Il dominio di calcolo è stato individuato in riferimento alla localizzazione del sito, dei potenziali recettori individuabili sul territorio (abitato urbano, recettori sensibili, etc.) e della conformazione orografica e morfologica del territorio.
   b) L'area, sufficientemente estesa, è stata associata ad un dominio di calcolo di estensione pari circa a 64 kmq, esteso per 8 km in direzione W-E e per 8 km in direzione N-S, ben adatta a rappresentare la complessità orografica e morfologica del territorio, e tale da includere i potenziali ricettori nelle vicinanze dell'intero Polo Tecnologico;

2) Acquisizione ed elaborazione dati di progetto per la stima delle emissioni.
   c) Acquisizione del nuovo layout, con particolare riferimento all'individuazione della posizione dei camini e delle loro caratteristiche geometriche oltre che le dimensioni degli edifici che possono interagire con la dispersione dei camini tramite l'effetto edificio (building downwash);
   d) Elaborazione dei dati del quadro emissivo relativo alle centrali termiche ed alle emissioni di NOx, Polveri e CO;

3) Acquisizione ed Elaborazione dei dati meteorologici relativi ad un anno solare.
   e) Le stazioni meteorologiche presenti nel dominio di calcolo considerato, o in prossimità di questo, sono state selezionate sulla base della rappresentatività spaziale rispetto all'area allo studio ed in base ai parametri meteorologici misurati.
   f) I dati meteorologici sono stati elaborati per predisporre una caratterizzazione meteo-climatica dell'area in esame, relativamente al periodo preso a riferimento, un anno solare ultimo disponibile ovvero il 2022.
   g) I dati meteorologici acquisti sono stati elaborati tramite il codice numerico CALMET per la predisposizione dei file di ingresso al modello di dispersione ed il calcolo dei parametri necessari come: classi di stabilità atmosferica, altezza dello strato di mescolamento etc.

4) Applicazione del codice numerico di dispersione degli inquinanti per la valutazione delle concentrazioni degli inquinanti emessi dell'opera oggetto del presente studio per un anno solare rappresentativo delle condizioni meteorologiche dell'area.
   h) Per l'attività, oggetto del presente studio, è stato applicato il codice di dispersione CALPUFF MODEL SYSTEM per la valutazione delle ricadute degli inquinanti dalle sorgenti emissive, così come individuate al punto 2.

i) Si sono predisposti i necessari file di input al modello di dispersione per svolgere simulazioni che comprendano come arco temporale un anno solare di dati meteorologici come descritto nel punto 3.
j) Le simulazioni si sono svolte, per tutte le sorgenti individuate al punto 2 in riferimento al nuovo layout poer il DataCenter D.
k) Le simulazioni hanno fornito come risultati le concentrazioni degli inquinanti su tutto il dominio.

5) Risultati

l) I risultati delle simulazioni sono rappresentati in forma tabellare e confrontati con i valori limite di qualità dell'aria mentre sono state realizzate mappe di iso-concentrazione per i recettori su griglia cartesiana.

4.2 Calpuff Model System

Il sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM1, inserito dall'U.S. EPA in Appendix W di "Guideline on Air Quality Models", tra i modelli definiti "alternative models" è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Il sistema di modelli è composto da tre componenti:

- Il preprocessore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;
- Il processore CALPUFF: modello di dispersione, che 'inserisce' le emissioni all'interno del campo di vento generato da Calmet e ne studia il trasporto e la dispersione;
- Il postprocessore CALPOST: ha lo scopo di processare i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli nel formato più adatto alle esigenze dell'utente.

CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale viene rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Calmet è dotato, infine, di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione 'a puff' multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente.

CALPUFF è in grado di utilizzare campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo.

CALPUFF contiene diversi algoritmi che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali: l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash), shear verticale del vento, deposizione secca ed umida, trasporto su superfici d'acqua e presenza di zone costiere, presenza di orografia complessa, ecc. CALPUFF è infine in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica.

CALPOST consente di elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente. Tramite Calpost si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di concentrazione.

5 SCENARIO EMISSIVO

Come già evidenziato nello studio diffusionale del novembre 2024, le emissioni del Polo Tecnologico di Ponte San Pietro sono riconducibili agli impianti di generazione di energia negli scenari di Test di corretta accensione e Black Building Test, ricalcolate secondo il layout di dicembre 2025, illustrato nel capitolo 3 del presente documento, che prevede l'installazione di 97 gruppi elettrogeni.

Nello specifico trattasi delle emissioni generate dalla combustione del gasolio di alimentazione dei gruppi elettrogeni installati e che verranno installati nel Polo Tecnologico secono la sua configurazione finale e che funzioneranno, oltreche per lo scenario di emergenza, nell'ambito dell'ordinaria manutenzione che prevede i test di corretta accensione ed il Black Building Test, le cui modalità di esecuzione sono illustrate in premessa.

Ogni generatore è dotato di proprio camino per il convogliamento in atmosfera dei fumi di carico provenienti dalla combustione; ma mentre per i data center A, B e C questi si trovano a 5m da pc, per il building D, data la riqualificazione dell'edificio esistente, gli stessi saranno ubicati a 12.7m dal piano di calpestio dell'edificio stesso.

Nella tabella seguente sono descritti i parametri caratteristi delle emissioni dei motori per le due condizioni sopra citate.

PU - EMISSIONS	**Generatore**	**GSW1780P**	**GSW875P**
	Motore	**4012-46TAG3A**	**4006-23TAG3A**
Parameters	**UM**	**Camino espulsione**	
Diam	[m]	0.27	0.27
Exit_Vel	[m/s]	51.8	51.8
Exit_Temp	[K]	698.15	698.15
CO	[g/s]	0.533337	0.133334
PM10	[g/s]	0.052033	0.013008
NOX	[g/s]	4.149623	1.037405
SO2	[g/s]	0.003	0.001

Tabella 2 caratteristiche emissive dei generatori di emergenza.

Gli scenari di simulazione implementati in questo documento inerenti il funzionamento dei gruppi elettrogeni di emergenza per la produzione di energia elettrica sono illustrati nella tabella seguente.

Test periodico	Black building	Emergenza
Lo scenario utilizzato per stimare l'impatto sull'atmosfera è il funzionamento giornaliero di un singolo generatore con una frequenza mensile. In dettaglio, un generatore viene attivato ogni giorno e il giorno successivo verrà attivato un altro generatore finché non saranno stati testati tutti quelli presenti. Le frequenze delle operazioni di manutenzione (fase di testing) dei singoli generatori prevede il test al 100% del carico per 10' di funzionamento per una volta al mese.	Questo scenario di test prevede l'avviamento di tutti i generatori presenti in un building al 100%. La procedura di accensione e test dura complessivamente circa 4 ore; infatti, si procede in successione all'attivazione dei singoli generatori fino all'esercizio contemporaneo di tutti quelli presenti. Il funzionamento dei generatori accesi contemporaneamente dura circa 1 ora per poi procedere in successione inversa al loro spegnimento.	Lo scenario di emergenza viene utilizzato in caso di blackout, in particolare quando il Data Center non può essere alimentato con la corrente elettrica. In questa fase tutti i generatori vengono attivati contemporanea per soddisfare il fabbisogno energetico. Come indicato in premessa, sulla base dell'analisi statistica dei dati degli anni pregressi, considerando la stabilità della rete di alimentazione primaria, la condizione di emergenza non ha mai superato, cumulativamente, un'ora di durata l'anno. Per la condizione di emergenza si considera, pertanto, una durata di accensione simultanea dei gruppi elettrogeni pari a 1h. Dal momento che, come detto, ciascun datacenter possiede gruppi elettrogeni ridondanti, in caso di emergenza sarà attivo il 50% di tutti i generatori installati nel Campus. In via del tutto cautelativa, la simulazione in condizione di emergenza è proposta anche con una durata del tutto ipotetica e cautelativa pari a 10h.

Tabella 3 scenari di emissione considerati nel presente studio di dispersione.

6 QUALITÀ DELL'ARIA

Per la caratterizzazione della qualità dell'aria si è fatto riferimento a quanto riportato nel Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Bergamo – Anno 2024 redatto da ARPA Lombardia.

6.1 La classificazione del territorio

La Regione Lombardia, con la D.G.R. n° 2605 del 30 novembre 2011, ha modificato la precedente zonizzazione, come richiesto dal Decreto Legislativo n°155 del 13/08/2010 (recepimento della direttiva quadro sulla qualità dell'aria 2008/50/CE) che ha individuato nuovi criteri più omogenei per l'individuazione di agglomerati e zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria sul territorio italiano.

L'attuale suddivisione in zone e agglomerati relativi alla Regione Lombardia è la seguente:

- Agglomerato di Milano;
- Agglomerato di Bergamo;
- Agglomerato di Brescia;
- Zona A: pianura a elevata urbanizzazione;
- Zona B: zona di pianura;
- Zona C: Prealpi, Appennino e montagna;
- Zona D: fondovalle.

La nuova zonizzazione prevede inoltre un'ulteriore suddivisione della zona C ai fini della valutazione della qualità dell'aria per l'ozono:

- Zona C1: Prealpi e Appennino;
- Zona C2: montagna.

Nelle figure successive si riporta la suddivisione del territorio regionale nelle diverse zone individuate dal provvedimento regionale, con particolare riferimento alla Provincia di Bergamo.

6.2 La rete di monitoraggio

La Rete di rilevamento della Qualità dell'Aria regionale è attualmente composta da 85 stazioni fisse (tra stazioni pubbliche e stazioni private, queste ultime afferenti a grandi impianti industriali quali centrali termoelettriche, raffinerie, termovalorizzatori) che, per mezzo di analizzatori automatici, forniscono dati in continuo ad intervalli temporali regolari (generalmente con cadenza oraria). Gli inquinanti monitorati sono quelli riportati in tabella seguente, con il relativo numero di postazioni in grado di misurarli, suddivise tra stazioni appartenenti al programma di valutazione e di interesse locale. A seconda del contesto ambientale (urbano, industriale, da traffico, rurale, etc.) nel quale è attivo il monitoraggio, diversa è la tipologia di inquinanti che è necessario rilevare. Di conseguenza, non tutte le stazioni sono dotate della medesima strumentazione analitica. Oltre le stazioni del programma di valutazione, sono qui riportate stazioni di interesse locale o legate ad autorizzazione attive e punti di misura rimasti attivi ma non utilizzati per la valutazione dell'inquinante specifico.

Inquinanti rilevati in continuo dalla Rete regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria							
Inquinante	SO_2	NO_X	CO	O_3	PM10	PM2.5	Benzene
Postazioni di misura pdv	22	84	19	48	67	37	19
Altre postazioni di misura	6	9	11	4	8	3	5

Tabella 4 Inquinanti rilevati in continuo dalla Rete regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria. Fonte: Rapporto sulla qualità dell'aria della Lombardia - Anno 2024.

Le postazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale in funzione della densità abitativa e della tipologia di territorio. Nel 2013 è stato istituito il Centro Regionale per il Monitoraggio della Qualità dell'Aria e suddiviso in quattro aree territoriali che gestiscono, in termini di manutenzione e analisi dati, le stazioni dell'intera rete di rilevamento ARPA. Nello specifico la suddivisione è la seguente:

- AREA NORD: Bergamo Como, Lecco, Sondrio;
- AREA OVEST: Milano, Monza e Brianza, Varese;
- AREA EST: Brescia, Mantova;
- AREA SUD: Cremona, Lodi, Pavia.

I dati forniti dalle stazioni fisse vengono integrati con quelli rilevati durante campagne di misura temporanee, effettuate mediante l'ausilio di 8 laboratori mobili e campionatori per il rilevamento del particolato fine, oltre che altra strumentazione avanzata quale, a esempio, Contatori Ottici di Particelle e analizzatori di Black Carbon.

L'area di progetto ricade nell'AREA NORD di Bergamo.

Nel territorio della Provincia di Bergamo è presente una rete pubblica di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA) di proprietà di ARPA e gestita dall'U.O. Qualità dell'Aria. La rete pubblica attualmente è costituita da 8 stazioni fisse e 2 postazioni di interesse locale.

La rete fissa è integrata dalle informazioni raccolte da postazioni mobili, campionatori gravimetrici per la misura delle polveri, campionatori sequenziali per gas, Contatori di Particelle (OPC e nanoparticelle), analizzatori di Black Carbon e di ammoniaca.

Nella tabella seguente è fornita una descrizione delle postazioni della rete in termini di localizzazione e tipologia di destinazione, considerando la classificazione più recente proposta dalla normativa italiana definita nel D. Lgs. 155/2010.

Stazioni fisse di misura poste nella provincia di Bergamo – Anno 2022				
Nome stazione	**Rete**	**Tipo zona**	**Tipo stazione**	**Altitudine (m.s.l.m.)**
Stazioni del Programma di valutazione				
Bergamo-Meucci	PUB	Urbana	Fondo	249
Bergamo-Garibaldi	PUB	Urbana	Traffico	249
Dalmine	PUB	Urbana	Fondo	207
Filago Centro	PRIV	Urbana	Fondo	190
Osio Sotto	PRIV	Suburbana	Fondo	182
Treviglio	PUB	Urbana	Traffico	125
Calusco d'Adda	PRIV	Suburbana	Ind./Fondo	273
Casirate d'Adda	PRIV	Rurale	Fondo	100
Altre stazioni				
Lallio	PRIV	Urbana	Traffico	207
Tavernola Bergamasca	PUB	Suburbana	Ind.	306

Tabella 5 Stazioni fisse di misura poste nella Provincia di Bergamo. Fonte: Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Bergamo.

Nella figura seguente è rappresentata la mappa con i comuni che ospitano sul proprio territorio le stazioni di rilevamento fisse.

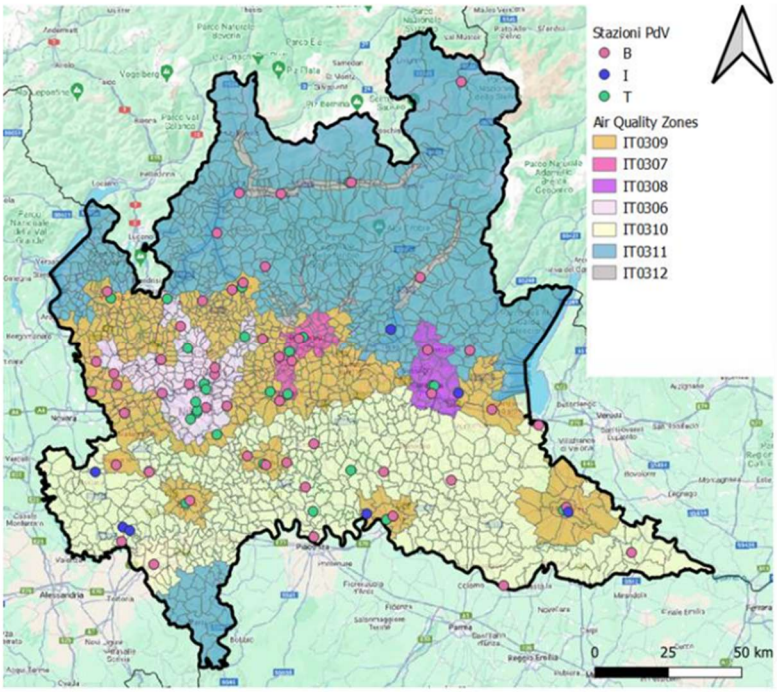


Figura 3 Localizzazione delle stazioni fisse della rete regionale - Anno 2024.

L'area di progetto ricade nella zonizzazione "Agg_BG" Agglomerato di Bergamo.

6.3 Stato della qualità dell'aria

In questo paragrafo si riportano, per ogni inquinante, gli esiti del monitoraggio dell'anno 2024, il trend annuale e un confronto con i limiti di legge. La centralina più vicina all'area di intervento e rappresentativa dell'area di studio è la stazione Bergamo Meucci e Bergamo Gribaldi appartenete alla zonizzazione di pertinenza dell'opera. Caratteristica delle stazioni di fondo è l'essere ubicate in posizione tale per cui il livello di inquinamento non è influenzato da emissioni da specifiche fonti - industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.-, ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito. L'analisi è svolta in relazione agli inquinanti che sono presenti nello scenario emissivo ovvero polveri, ossidi di azoto e monossido di carbonio.

Inquinante	Livello di concentrazione	Tempo di mediazione	Valore limite	Bergamo Meucci Urbana Fondo	Bergamo Garibaldi Urbana Traffico
Biossido di azoto NO_2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/ m^3	0	0
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3	24	33
Monossido di carbonio CO	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/ m^3	nd	1.5
Biossido di Zolfo SO_2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350 µg/ m^3	nd	0
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giorno (max 3 volte in un anno)	125 µg/ m^3	nd	0
Particolato Atmosferico PM10	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/ m^3	29	**40**
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3	23	27

Tabella 6 Valori di concentrazione misurati nella stazione di Bergamo Meucci e Garibaldi nell'anno 2024.

Le stazioni urbane prese a riferimento mostrano una situazione di conformità per i valori di media annuale per tutti i parametri e per il massimo della media mobile per il CO.

Non si rilevano superamenti del valore limite orario di NO2 mentre sono significativi i superamenti del valore di media giornaliera di Polveri per la stazione urbana traffico mentre, per la stazione urbana fondo anche per il numero di medie giornaliere superiori al limite è registrata la conformità con i limiti di legge.

6.4 Le emissioni comunali

Per caratterizzare l'ambito di intervento dal punto di vista delle emissioni, sono stati considerati i dati delle emissioni comunali dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera INEMAR. I dati considerati sono gli ultimi disponibili (Fonte: INEMAR - ARPA Lombardia, INEMAR, emissioni in Lombardia nell'anno 2021 – versione in revisione pubblica).

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori definiti secondo la metodologia CORINAIR (CORe INventory of AIR emissions) dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, la quale prevede 11 macrosettori:

1. Produzione energia e trasformazione combustibili;
2. Combustione non industriale;
3. Combustione nell'industria;
4. Processi produttivi;
5. Estrazione e distribuzione combustibili
6. Uso di solventi;
7. Trasporto su strada;
8. Altre sorgenti mobili e macchinari;
9. Trattamento e smaltimento rifiuti;
10. Agricoltura;
11. Altre sorgenti e assorbimenti.

Per ciascun macrosettore vengono presi in considerazione diversi inquinanti, sia quelli che provocano effetti sulla salute, sia quelli per i quali è posta particolare attenzione come gas ad effetto serra:

- Ossidi di Zolfo (SOX);
- Ossidi di Azoto (NOX);
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV);
- Metano (CH4);
- Monossido di Carbonio (CO);
- Biossido di Carbonio (CO2);
- Ammoniaca (NH3);
- Protossido di Azoto (N2O);
- Polveri sottili (PM10 e PM2.5).

In questo capitolo si discuteranno solo gli inquinanti oggetto di studio ovvero: Polveri sottili PM10, Monossido di Carbonio (CO) e Ossidi di Azoto (NOX).

I dati sono stati elaborati dall'estrazione effettuata dal portale INEMAR https://inemar.arpalombardia.it/:
Dati_INEMAR_2021_richiesti_il_09-Jan-2026_10.11.51.zip

Codice macrosettore	Descrizione Macrosettore	SO2 t/anno	PM10 t/anno	NOx t/anno	CO t/anno
1	Produzione energia e trasformazione combustibili	0	0	0	0
2	Combustione non industriale	0	0	0	0
3	Combustione nell'industria	0.48746	2.28047	5.17769	12.37
4	Processi produttivi	0	0.02352	0	0

Codice macrosettore	Descrizione Macrosettore	SO2 t/anno	PM10 t/anno	NOx t/anno	CO t/anno
5	Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	0	0
6	Uso di solventi	0.00288	0.61585	0.00863	0
7	Trasporto su strada	0	1.47568	0	0
8	Altre sorgenti mobili e macchinari	0	0	0	0
9	Trattamento e smaltimento rifiuti	0	0	0	0
10	Agricoltura	0	0.00173	0.05769	0
11	Altre sorgenti e assorbimenti	0.01412	0.79034	0.2381	4.497

Tabella 7 Comune di Ponte San Pietro - Emissioni di inquinanti in atmosfera per macrosettore Ponte San Pietro codice 16170.

Nella figura seguente il contributo percentuale dei macrosettori alle emissioni totali per i tre parametri PM10, CO e NOx.

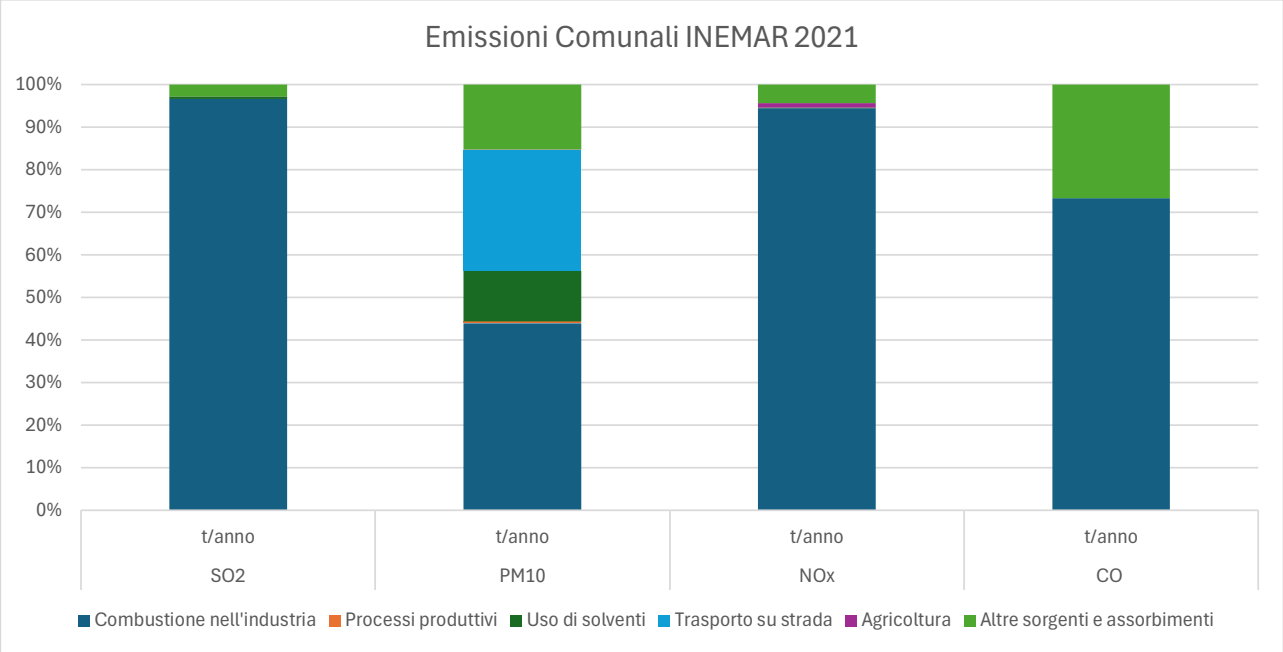


Figura 4 Comune di Ponte San Pietro - Contributi percentuali alle emissioni per macro-settore.

7 METEOROLOGIA

7.1 Climatologia regionale

Le principali caratteristiche fisiche del contesto lombardo sono la spiccata continentalità dell'area e il debole regime del vento e la persistenza di condizioni di stabilità atmosferica.

La situazione meteorologica della pianura padana, con la presenza delle Alpi e dell'Appennino è particolarmente svantaggiata, la Lombardia si trova infatti nella parte centrale della Pianura Padana, in un contesto che presenta caratteristiche uniche, dal punto di vista climatologico, determinate in gran parte dalla conformazione orografica dell'area. Si tratta di una vasta pianura circondata a Nord, Ovest e Sud da catene montuose che si estendono fino a quote elevate, determinando così peculiarità climatologiche, sia dal punto di vista fisico sia da quello dinamico.

Dal punto di vista dinamico, la presenza della barriera alpina influenza in modo determinante l'evoluzione delle perturbazioni di origine atlantica, determinando la prevalenza di situazioni di occlusione e un generale disaccoppiamento tra le circolazioni nei bassissimi strati e quelle degli strati superiori.

Tutti questi fattori influenzano in modo determinante le capacità dispersive dell'atmosfera e, quindi, le condizioni di accumulo degli inquinanti, soprattutto in periodo invernale, ma anche la presenza di fenomeni fotochimici nel periodo estivo.

Il clima della pianura padana è, pertanto, di tipo continentale, ovvero caratterizzato da inverni piuttosto rigidi ed estati calde e l'umidità relativa dell'aria risulta sempre piuttosto elevata. Le precipitazioni di norma sono poco frequenti e concentrate in primavera ed autunno. La ventilazione è scarsa in tutti i mesi dell'anno.

Durante l'inverno il fenomeno di accumulo degli inquinanti è più accentuato, a causa della scarsa circolazione di masse d'aria al suolo. La temperatura media è piuttosto bassa e l'umidità relativa è generalmente molto elevata.

La presenza della nebbia è particolarmente accentuata durante i mesi più freddi. Lo strato d'aria fredda, che determina la nebbia, persiste spesso tutto il giorno nel cuore dell'inverno, ma di regola si assottiglia in modo evidente durante le ore pomeridiane.

7.2 Meteorologia dell'area di intervento

La meteorologia dell'area di intervento è stata caratterizzata tramite l'applicazione del codice di meteorologico diagnostico CALMET parte del modello CALPUFF MODEL SYSTEM.

I dati meteorologici relativi all'anno 2022 utilizzati nelle simulazioni del presente studio sono stati ricostruiti mediante l'applicazione del modello CALMET, in base ai dati rilevati nelle stazioni meteorologica di Bergamo v. Stezzano sito-specifiche della rete ARPA Lombardia di superficie e profilometriche acquisite da modello meteorologico WRF. Il dominio di calcolo di 8 x 8 km centrato nell'area di progetto (Origine SW x = 485.069 km E - y = 5029.968 km N UTM fuso 32 – WGS84) è stato implementato con una risoluzione spaziale orizzontale (dimensioni griglia) di 400 m ed una risoluzione verticale (quota livelli verticali) di 0-20-40-80-160-320-640- 1200 m sul livello del suolo. CALMET è un modello meteorologico in grado di generare campi di vento variabili nel tempo e nello spazio, punto di partenza per il modello di simulazione vero e proprio. I dati richiesti come input sono dati meteo al suolo e in quota (vento, temperatura, pressione), dati geofisici per ogni cella della griglia di calcolo (altimetria, uso del suolo), e dati al di sopra di superfici d'acqua, quando

queste sono presenti (differenza di temperatura aria/acqua, vento, temperatura). In output, oltre ai campi di vento tridimensionali, si ottengono altre variabili come l'altezza di rimescolamento, la classe di stabilità, l'intensità di precipitazione, il flusso di calore e altri parametri per ogni cella del dominio di calcolo. CALMET prende in considerazione i dati provenienti da diverse stazioni meteorologiche che si possono trovare in aria, al suolo o in corrispondenza di superfici acquose e delle quali si indicano le coordinate all'interno della griglia di calcolo. Questi dati vengono utilizzati per creare un unico file meteorologico in cui le informazioni delle diverse stazioni vengono interpolate per ottenere valori che variano da cella a cella nella griglia meteorologica definita per la simulazione. Questa elaborazione delle informazioni provenienti dalle stazioni meteo avrà effetti sulla successiva fase di simulazione della dispersione degli agenti odorigeni, in particolare inciderà sul percorso seguito dal puff e quindi sulle concentrazioni percepite al suolo. Il modello diagnostico per il calcolo dei campi di vento utilizza un algoritmo in due fasi: nella prima fase una stima iniziale del campo di vento viene modificata in base agli effetti cinematici del terreno, dei pendii presenti, degli effetti di blocco e nella seconda fase, vengono introdotti i dati osservati dalle stazioni meteo all'interno del campo prodotto dalla prima, ottenendo così il campo di vento finale. Le stazioni meteorologiche utilizzate per lo sviluppo del campo di vento sono: la stazione a terra di Bergamo v. Stezzano.

Stazione meteo	Parametri misurati	Caratteristiche
Cella modello WRF di LaMMA Servizio Meteorologico Regione Toscana	Pressure [Pa],Relative humidity [%],Temperature [C],Wind Direction [degree],Wind Velocity [m/s], Cloud coverage total.	//
Bergamo v.Stezzano	Direzione e velocità del vento e Temperatura.	Stazione a terra.

Tabella 8 Stazioni meteo utilizzate per la ricostruzione del campo meteorologico.

Sono stati elaborati i dati disponibili dal SIT della Regione Lombardia per uso del suolo (Corine Land Cover) e Orografia tramite DTM. Le carte relative al dominio di calcolo rielaborato sulla griglia discreta di calcolo sono mostrate nelle figure seguenti.

OROGRAFIA: i dati di orografia sono stati elaborati tramite l'applicativo MAKEGEO di CALPUFF a partire da base dati 3-sec Shuttle RADAR Topo Mission files (~90m) disponibili dal sito USGS [https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects].

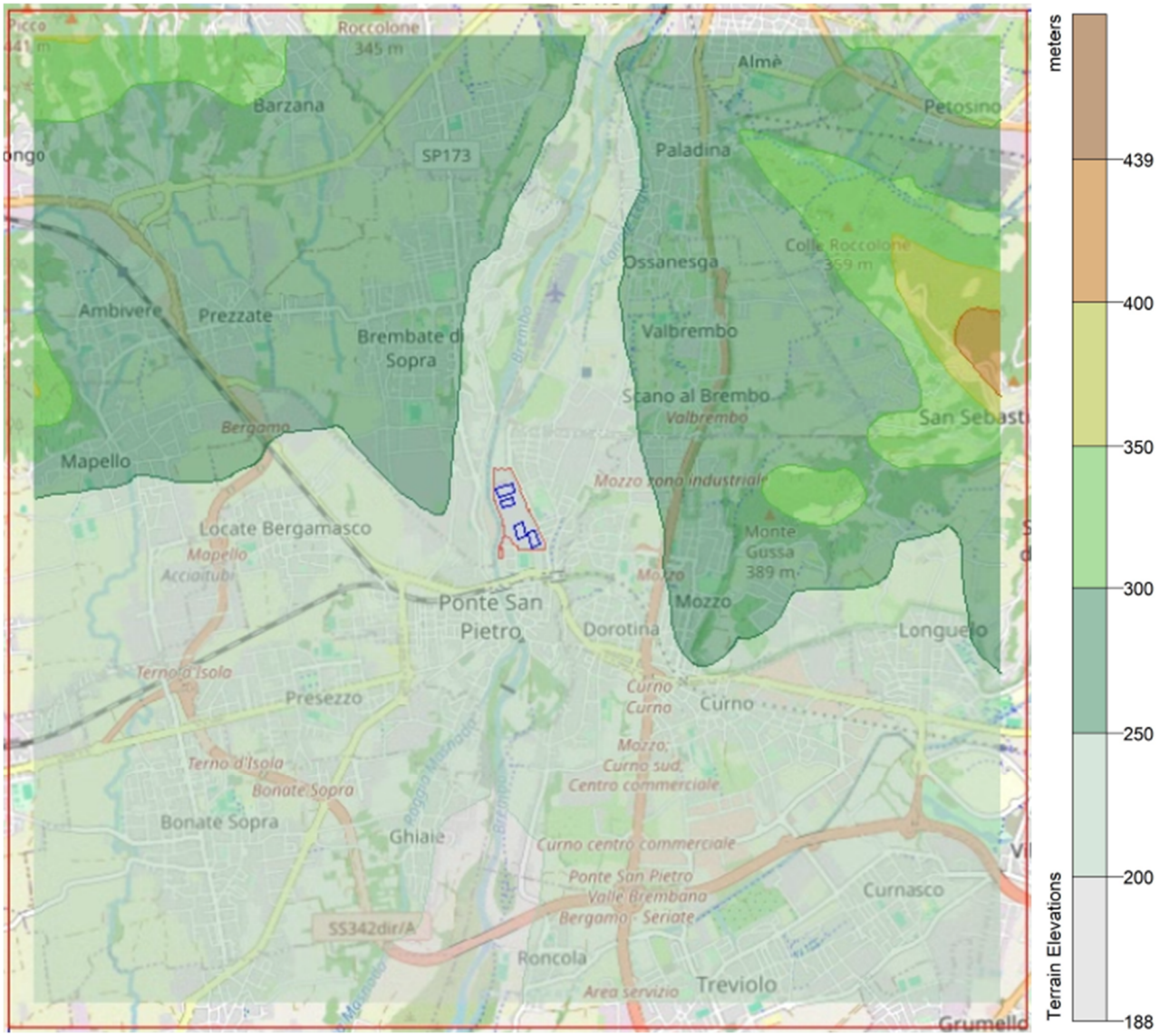


Figura 5 Orografia del dominio di calcolo.

USO del SUOLO: Corine Land Cover aggiornato al 2018 [corine-land-cover-2018-iv-livello]

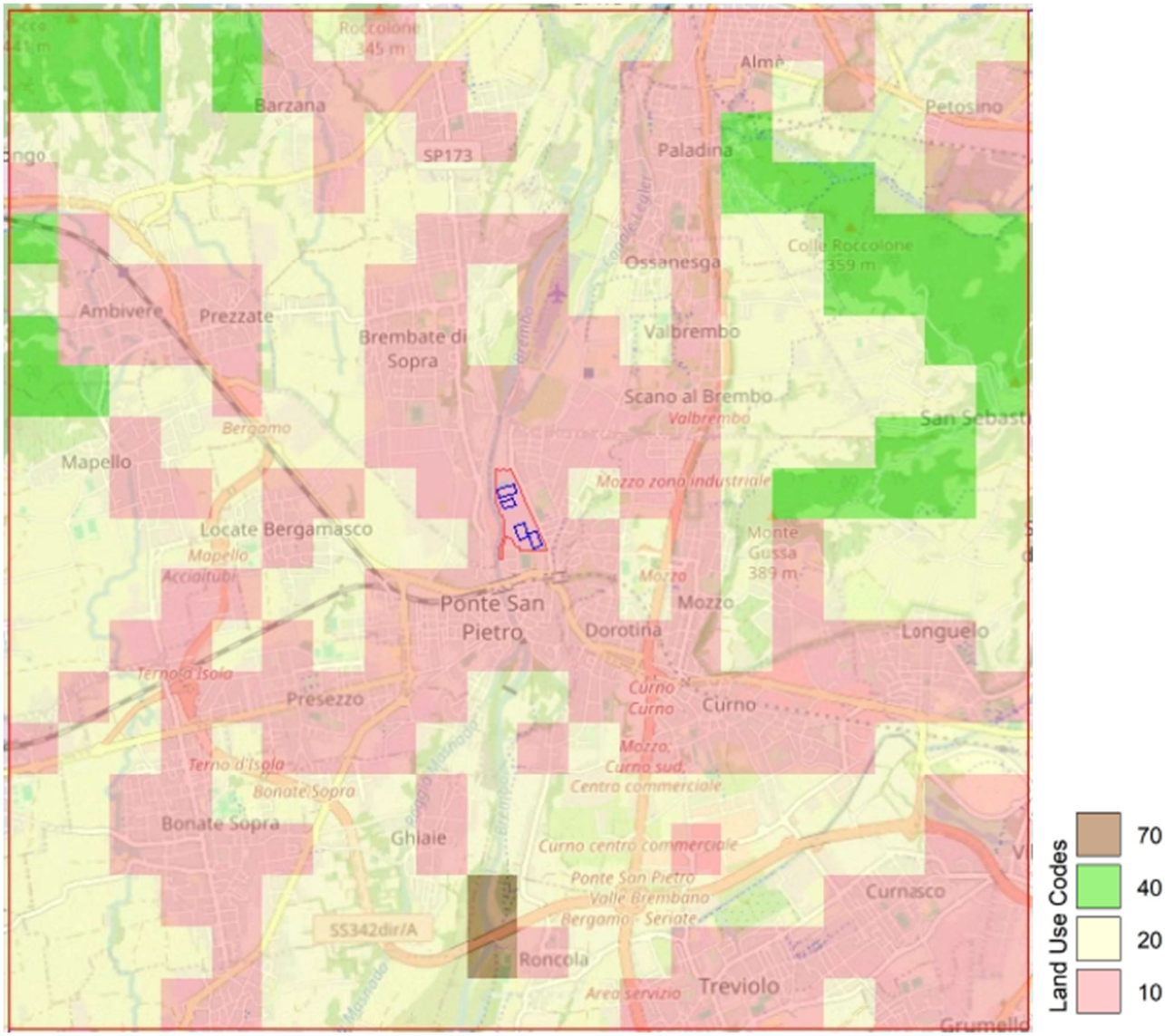


Figura 6 Land Use

Uso del suolo Corine Land Cover 2018: 10 – Urbano, 20-Agricolo, 30 - pascolo, 40 – Boschi, 70 – terreno incolto, 80 – aree montane arbusti/muschi.

Si è quindi provveduto ad estrarre, tramite il processore PRTMET di CALMET, la serie temporale dei dati meteorologici in corrispondenza dell'area del nuovo Data Center.

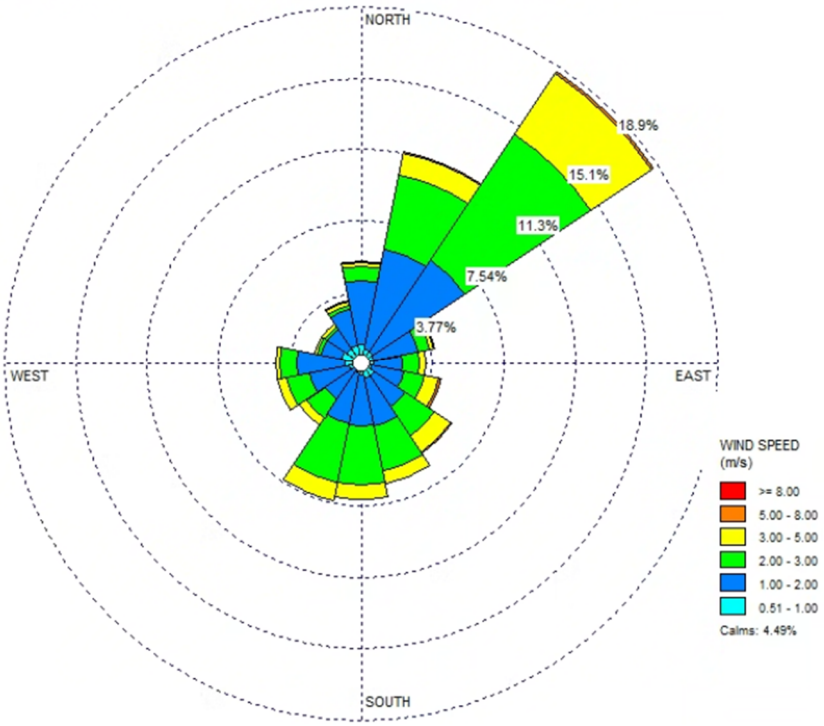


Figura 7 Rosa dei venti presso l'area di progetto (fonte: elaborazione CALMET) anno solare 2022.

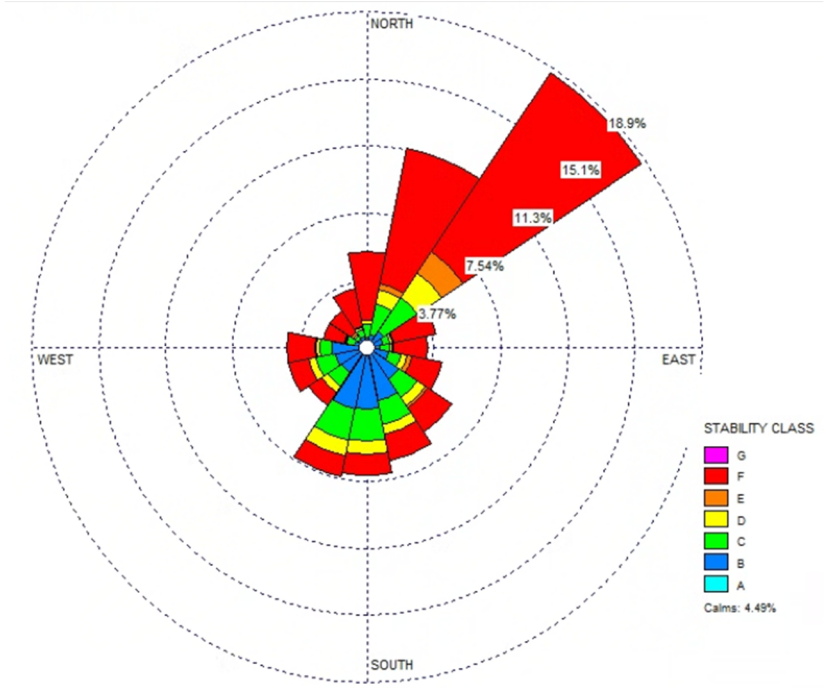


Figura 8 Rosa delle classi di stabilità presso l'area di progetto (fonte: elaborazione CALMET) anno solare 2022.

Le rose dei venti mostrano una chiara prevalenza di venti provenienti dal settore Nord-Est (NE–ENE), che rappresentano la quota maggiore degli eventi osservati. In particolare, il settore principale raggiunge una frequenza massima del 18,9%, seguito da contributi decrescenti pari a 15,1%, 11,3%, 7,54% e 3,77%, evidenziando una marcata direzionalità dominante. Dal punto di vista della velocità del vento, la distribuzione è concentrata soprattutto nelle classi 1,0–2,0 m/s e 2,0–3,0 m/s, che costituiscono la parte più consistente dei casi; sono presenti anche contributi significativi nelle classi 3,0–5,0 m/s, mentre le velocità più elevate (5,0–8,0 m/s e ≥8,0 m/s) risultano meno frequenti e localizzate prevalentemente nello stesso settore NE. La quota di calma di vento è pari al 4,49%, indicando una presenza non trascurabile di condizioni di assenza o quasi assenza di ventilazione. Per quanto riguarda le classi di stabilità atmosferica, prevalgono le condizioni stabili (classi F e G) associate principalmente ai venti da NE, mentre le classi neutre e debolmente instabili (C, D) risultano distribuite in modo più omogeneo sugli altri settori; le classi instabili (A e B) sono meno rappresentate e limitate soprattutto a direzioni secondarie. Nel complesso, i dati indicano un regime eolico dominato da venti moderati da Nord-Est, associati prevalentemente a condizioni atmosferiche stabili.

	Wind Classes (m/s) Directions (°N)	1,00 - 1,50	1,50 - 2,00	2,00 - 3,00	3,00 - 5,00	5,00 - 8,00	>= 8,00	Total (%)
1	348,75 - 11,25	1.0389	3.3451	0.7878	0.1827	0.0685	0	5.423
2	11,25 - 33,75	0.8334	5.3431	3.9502	1.1988	0.0457	0	11.3712
3	33,75 - 56,25	0.7307	5.8226	8.0032	3.8246	0.1142	0	18.4953
4	56,25 - 78,75	0.6736	2.3975	0.6279	0.2283	0.0228	0	3.9502
5	78,75 - 101,25	0.6622	1.4956	0.9133	0.3539	0.0228	0	3.4479
6	101,25 - 123,75	0.6051	1.7011	1.1188	0.7421	0.1713	0	4.3384
7	123,75 - 146,25	0.9019	1.918	1.8495	1.0275	0.0571	0.0114	5.7655
8	146,25 - 168,75	0.8791	2.5574	2.4204	0.6736	0.0114	0	6.5418
9	168,75 - 191,25	0.6736	2.7058	3.094	0.7078	0.0114	0	7.1926
10	191,25 - 213,75	0.5823	2.6944	3.1625	0.9476	0.0457	0	7.4324
11	213,75 - 236,25	0.4909	1.8153	1.2216	0.4681	0	0	3.9959
12	236,25 - 258,75	0.6736	2.1121	1.2787	0.4567	0	0	4.5211
13	258,75 - 281,25	0.8905	2.5688	0.8563	0.1827	0	0	4.4982
14	281,25 - 303,75	1.1303	1.0846	0.2055	0.1256	0.0228	0	2.5688
15	303,75 - 326,25	0.9818	1.2102	0.1256	0.2055	0.0114	0	2.5345
16	326,25 - 348,75	1.0618	1.918	0.1713	0.2283	0.0571	0	3.4365
	Sub-Total	12.8097	40.6896	29.7865	11.5538	0.6622	0.0114	95.5132
	Calms							4.4868
	Missing/Incomplete							0
	Total							100

Tabella 9 distribuzione percentuale dell'accadimento su base oraria delle condizioni di vento, anno 2022.

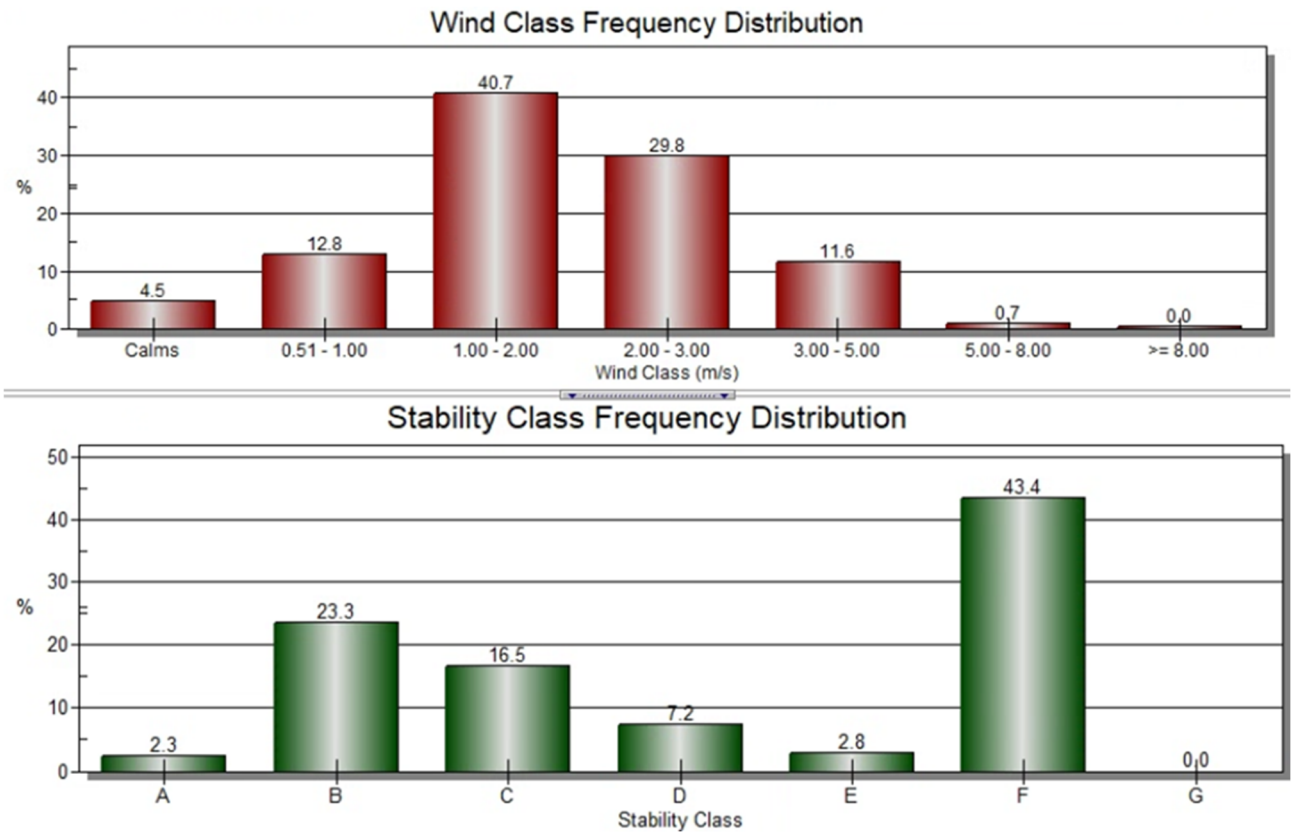


Figura 9 percentuale di accadimento delle classi di velocità del vento e delle classi di stabilità di Pasquill e Gifford elaborate da CALMET per l'area di progetto, anno 2022.

Il grafico di distribuzione delle frequenze evidenzia un regime di vento dominato da velocità medio-basse. La classe più rappresentata è 1,00–2,00 m/s, che costituisce il 40,7% degli eventi totali, seguita dalla classe 2,00–3,00 m/s con il 29,8%. Le velocità inferiori risultano comunque significative: le calme rappresentano il 4,5%, mentre la classe 0,51–1,00 m/s raggiunge il 12,8%. Le velocità più elevate sono decisamente marginali: la classe 3,00–5,00 m/s copre l'11,6%, mentre i venti 5,00–8,00 m/s sono quasi assenti (0,7%) e quelli ≥8,00 m/s risultano trascurabili (0,0%). La distribuzione delle classi di stabilità atmosferica mostra una netta prevalenza di condizioni stabili, con la classe F che rappresenta il 43,4% del totale. Seguono le condizioni debolmente instabili con la classe B (23,3%) e la classe C (16,5%), mentre le condizioni neutre (classe D) risultano limitate (7,2%). Le classi molto instabili (A) ed E sono poco frequenti, rispettivamente 2,3% e 2,8%, mentre la classe G non è rappresentata (0,0%). Nel complesso, il quadro indica un contesto meteorologico caratterizzato prevalentemente da venti deboli o moderati, associati soprattutto a condizioni atmosferiche stabili, con una presenza secondaria di situazioni debolmente instabili.

8 DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

Le simulazioni modellistiche sono state condotte sulla base delle seguenti impostazioni:

- area di studio con orografia complessa;
- calcolo dei coefficienti dispersivi attraverso l'utilizzo dei parametri continui di turbolenza e variabili micrometeorologiche;
- considerazione dell'effetto scia degli edifici (building downwash);
- disattivazione dei moduli di deposizione secca e umida;
- I valori di emissione di polveri sono stati considerati cautelativamente come PM10.

8.1 Dominio di calcolo e recettori

Il dominio di calcolo di CALPUFF utilizzato per il calcolo delle concentrazioni di inquinanti al suolo emessi dall'impianto in progetto ha dimensioni pari a 8x8 km. I valori delle concentrazioni sono stati simulati tramite la configurazione di una griglia di calcolo (Sampling Grid) a risoluzione maggiore rispetto a quella meteorologica individuando un fattore di nesting pari a 4 determinando quindi un passo cella di 100 metri.

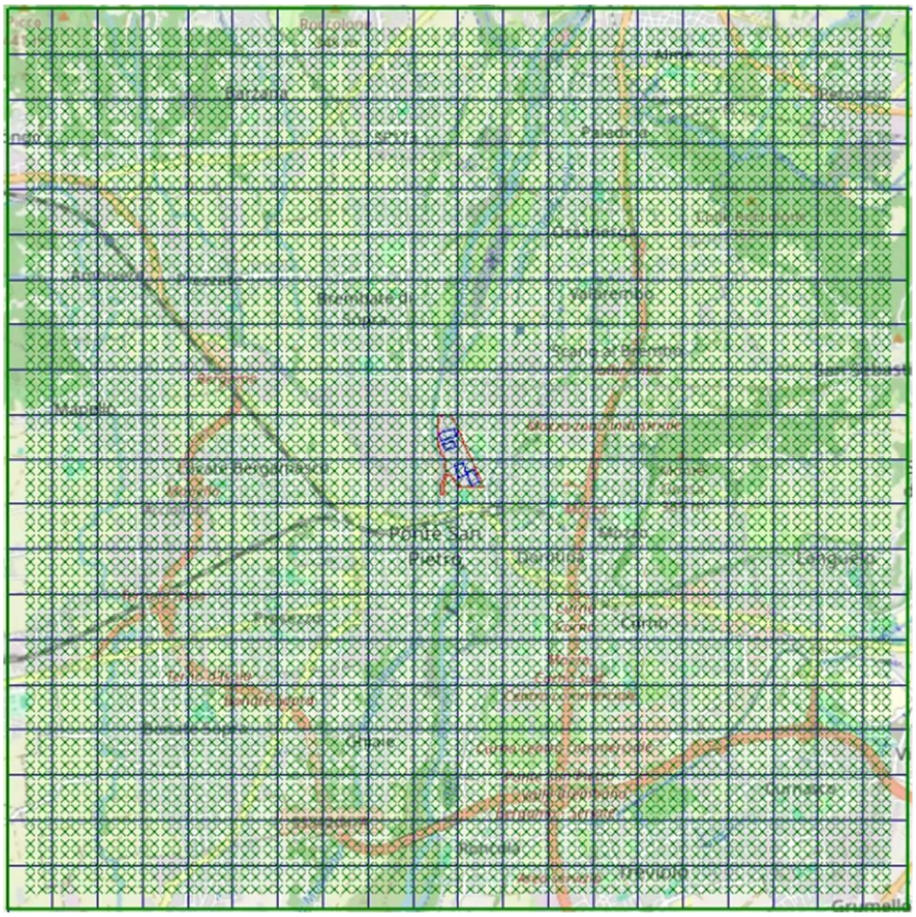


Figura 10 Griglie di calcolo utilizzate nelle simulazioni: meteorologica 400 metri e di campionamento 100 metri.

Alla griglia regolare dei punti recettori sono stati aggiunti ulteriori recettori discreti in corrispondenza:

- delle abitazioni isolate prossime all'impianto;
- degli edifici più vicini appartenenti ai centri abitati ubicati;
- delle aree destinate al pubblico (parchi, giardini, centri sportivi);
- dei recettori sensibili quali istituti scolastici e strutture sanitarie.

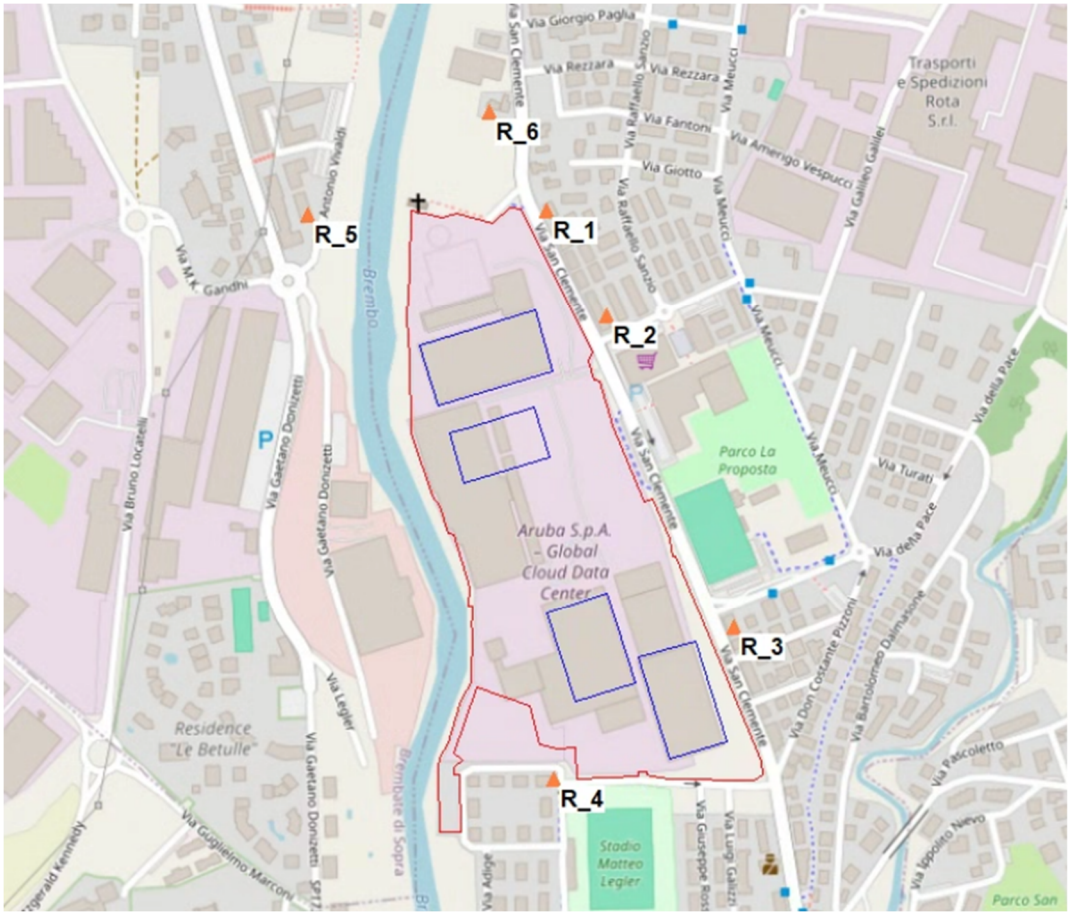


Figura 11 Posizione dei recettori nell'area di progetto.

I recettori che sono stati considerati sono riportati nella seguente tabella; nell'immagine precedente si riporta la loro posizione rispetto all'area di progetto.

ID_Receptor	X [m]	Y [m]	Description
R01	545896.0	5061807.0	abitazione
R02	545964.0	5061687.0	abitazione
R03	546109.0	5061333.0	abitazione
R04	545903.0	5061160.0	abitazione
R05	545625.0	5061802.0	abitazione
R06	545830.0	5061919.0	abitazione

Tabella 10 recettori discreti selezionati

8.2 Sorgenti emissive

Il modello è stato configurato sulla base di sorgenti emissive puntuali, camini di espulsione fumi, con caratteristiche elencate di seguito. Nella figura seguente la localizzazione delle sorgenti.

Camino	Height	Diam	Exit_Vel	Exit_Temp	CO	PM10	NOX	SO2	X	Y
ID	[m]	[m]	[m/s]	[K]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[m]	[m]
SRC_1	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545773	5061738
SRC_2	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545775	5061738
SRC_3	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545768	5061737
SRC_4	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545770	5061737
SRC_5	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545783	5061741
SRC_6	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545784	5061741
SRC_7	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545778	5061740
SRC_8	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545779	5061740
SRC_9	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545792	5061744
SRC_10	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545794	5061744
SRC_11	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545787	5061742
SRC_12	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545789	5061743
SRC_13	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545802	5061747
SRC_14	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545803	5061747
SRC_15	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545797	5061745
SRC_16	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545798	5061746
SRC_17	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545781	5061709
SRC_18	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545782	5061710
SRC_19	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545776	5061708
SRC_20	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545777	5061708
SRC_21	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545791	5061712
SRC_22	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545792	5061712
SRC_23	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545786	5061711
SRC_24	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545787	5061711
SRC_25	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545803	5061716
SRC_26	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545805	5061716
SRC_27	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545798	5061714
SRC_28	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545799	5061715
SRC_29	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545813	5061719
SRC_30	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545814	5061719
SRC_31	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545808	5061717
SRC_32	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545809	5061718
SRC_33	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545778	5061549
SRC_34	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545778	5061548
SRC_35	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545779	5061544
SRC_36	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545780	5061543
SRC_37	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545781	5061538
SRC_38	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545782	5061537
SRC_39	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545783	5061533

Camino	Height	Diam	Exit_Vel	Exit_Temp	CO	PM10	NOX	SO2	X	Y
ID	[m]	[m]	[m/s]	[K]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[m]	[m]
SRC_40	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545783	5061532
SRC_41	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545788	5061517
SRC_42	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545788	5061515
SRC_43	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545789	5061512
SRC_44	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545790	5061510
SRC_45	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545791	5061506
SRC_46	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545791	5061505
SRC_47	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545793	5061501
SRC_48	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545793	5061500
SRC_49	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545971	5061222
SRC_50	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545973	5061222
SRC_51	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545976	5061223
SRC_52	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545977	5061224
SRC_53	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545981	5061225
SRC_54	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545982	5061225
SRC_55	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545986	5061226
SRC_56	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545987	5061227
SRC_57	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545990	5061227
SRC_58	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545992	5061228
SRC_59	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545995	5061229
SRC_60	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545997	5061229
SRC_61	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	546000	5061230
SRC_62	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	546001	5061231
SRC_63	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	546004	5061232
SRC_64	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	546006	5061232
SRC_65	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	546009	5061233
SRC_66	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	546011	5061234
SRC_67	5	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	546014	5061235
SRC_68	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545933	5061240
SRC_69	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545936	5061241
SRC_70	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545940	5061243
SRC_71	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545944	5061244
SRC_72	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545948	5061245
SRC_73	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545955	5061247
SRC_74	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545959	5061249
SRC_75	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545963	5061250
SRC_76	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545967	5061251
SRC_77	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545970	5061252
SRC_78	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545978	5061254
SRC_79	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545982	5061256
SRC_80	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545986	5061257
SRC_81	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545989	5061258
SRC_82	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545993	5061259
SRC_83	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545898	5061359

Camino	Height	Diam	Exit_Vel	Exit_Temp	CO	PM10	NOX	SO2	X	Y
ID	[m]	[m]	[m/s]	[K]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[m]	[m]
SRC_84	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545902	5061361
SRC_85	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545906	5061362
SRC_86	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545909	5061363
SRC_87	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545913	5061364
SRC_88	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545921	5061366
SRC_89	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545924	5061368
SRC_90	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545928	5061369
SRC_91	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545932	5061370
SRC_92	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545936	5061371
SRC_93	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545944	5061373
SRC_94	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545947	5061374
SRC_95	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545951	5061376
SRC_96	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545955	5061377
SRC_97	12.7	0.27	51.8	698.15	0.533337	0.052033	4.149623	0.003	545959	5061378

Tabella 11 descrizione sorgenti emissive inserite in CALPUFF

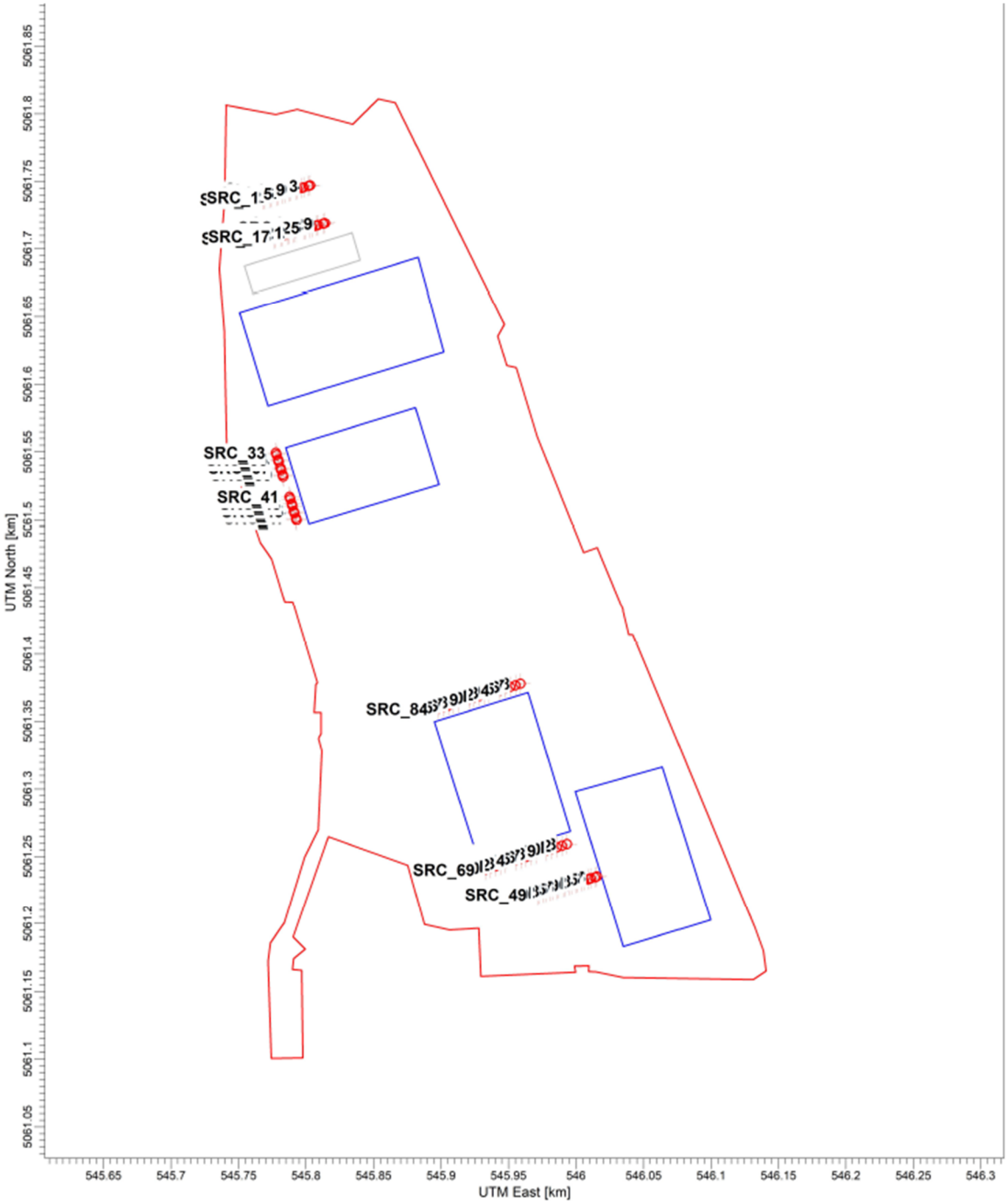


Figura 12 Localizzazione punti di emissione su layout impianto.

8.3 Building downwash

Per una rappresentazione maggiormente completa della situazione emissiva e del corrispondente stato di diffusione in atmosfera, nel modello di calcolo e stata applicata l'opzione downwash, ovvero si è tenuto conto della presenza degli edifici posti nelle immediate vicinanze delle sorgenti emissive che possono interferire

sulla traiettoria dei pennacchi emessi "effetto scia", con la possibilità, per turbolenza indotta dall'azione del vento, di osservare un incremento delle concentrazioni a terra nelle adiacenze dell'impianto. Nella figura seguente e rappresentata una ricostruzione 3D delle volumetrie considerate nel modello di calcolo per considerare tale effetto.

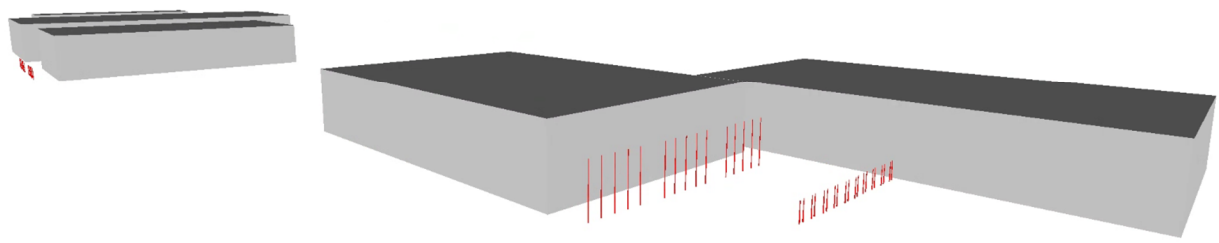


Figura 13 Ricostruzione tridimensionale dell'area di impianto con ubicazione delle sorgenti simulate (in rosso) e degli edifici considerati per l'effetto building downwash (in grigio)

ID_Building		BLD_1	BLD_2	BLD_3	BLD_4
Description		datacenter	datacenter	datacenter	datacenter
Altezza edificio	[m]	20	20	20	20
X1	[m]	545751	545805	546000	545895
Y1	[m]	5061653	5061559	5061298	5061349
X2	[m]	545772	545785	546035	545927
Y2	[m]	5061584	5061553	5061183	5061248
X3	[m]	545883	545899	546064	545964
Y3	[m]	5061694	5061526	5061316	5061371
X4	[m]	545751	545881	546000	545895
Y4	[m]	5061653	5061583	5061298	5061349
X5	[m]	-	545805	-	-
Y5	[m]	-	5061559	-	-

Tabella 12 caratteristiche geometriche degli edifici considerati al fine di calcolare l'effetto building downwash

8.4 Concentrazioni di NO2

I gas esausti derivanti dalla combustione nei motori dei generatori di emergenza sono costituiti da Ossidi di Azoto (NOx) principalmente sotto forma di monossido di Azoto (NO) parte del quale, reagendo per permanenza in atmosfera con Ozono e altri agenti ossidanti, si trasforma in biossido di Azoto (NO2). Le simulazioni modellistiche sono condotte stimando le concentrazioni di NOx e successivamente, attraverso la

definizione del rapporto NO2/NOx, sono state calcolate le concentrazioni di NO2 per il corretto confronto con gli standard di qualità dell'aria ambiente stabiliti dal Dlgs 155/2010. Il metodo utilizzato per la conversione è l'Ambient Ratio Method Version 2 (ARM2)2 sviluppato dalla United States Environment Protection Agency (USEPA) elaborata attraverso l'analisi delle serie decennali (2001 – 2010) dei dati misurati di NO ed NO2 in tutte le stazioni del territorio nazionale americano.

Il metodo ARM2 permette di definire il rapporto NO2/NOx utilizzando la seguente funzione polinomiale:

Y= -1.1723E-17X6 + 4.2795E-14X5 - 5.8345E-11X4 + 3.4555E-08X3 - 5.6062E-06X2 - 2.7383E-03X + 1.2441E+00

dove:

Y= rapporto NO2/NOx

X= concentrazione di NOx calcolata dal modello

[µg/m³]

9 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Nelle seguenti tabelle, per ognuno dei due scenari si è provveduto ad elaborare i risultati sulla base dei parametri di qualità dell'aria.

Engine Raw Emission TEST PERIODICI	NO2 media annua	NO2 media oraria valutata come 99.8° perc.	PM10 media annua	PM10 media giorno valutata come 90.4° perc.	CO Massimo orario	SO2 Media annua	SO2 99.72° percentile medie orarie	SO2 99.17° percentile medie giorno
Unità di Misura	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]
Valore Limite	*40*	*200*	*40*	*50*	*10.000*	*30*	*350*	*125*
R01	0.042	43.76	0.00070	0.00140	18.58	0.00013	0.06862	0.01750
R02	0.046	44.35	0.00067	0.00124	12.14	0.00013	0.06522	0.01562
R03	0.048	44.45	0.00074	0.00160	17.01	0.00014	0.07849	0.02273
R04	0.086	102.75	0.00198	0.00339	71.07	0.00037	0.18392	0.05191
R05	0.033	40.50	0.00050	0.00115	13.23	0.00010	0.05813	0.01561
R06	0.033	42.94	0.00057	0.00127	16.22	0.00011	0.07231	0.01605

Tabella 13 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori SCENARIO TEST PERIODICI 10 minuti/mese 1 GE per volta.

Engine Raw Emission SCENARIO BLACK BUILDING + TEST PERIODICI	NO2 media annua	NO2 media oraria valutata come 99.8° perc.	PM10 media annuale	PM10 media giorno valutata come 90.4° perc.	CO Massimo orario	SO2 Media annua	SO2 99.72° percentile medie orarie	SO2 99.17° percentile medie giorno
Unità di Misura	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]
Valore Limite	*40*	*200*	*40*	*50*	*10.000*	*30*	*350*	*125*
R01	0.098	44.07	0.00490	0.00141	222.95	0.00050	0.07142	0.01820
R02	0.100	44.38	0.00450	0.00124	145.72	0.00048	0.06690	0.01664
R03	0.150	44.45	0.00586	0.00161	204.12	0.00053	0.08079	0.02399
R04	0.315	112.28	0.01537	0.00351	852.88	0.00141	0.19444	0.05725
R05	0.074	41.38	0.00426	0.00117	158.70	0.00036	0.06032	0.01664
R06	0.076	43.44	0.00480	0.00129	194.63	0.00041	0.07763	0.01639

Tabella 14 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori SCENARIO BLACK BUILDING + TEST PERIODICI 4 ore/anno per singolo building + 10 minuti/mese 1 GE per volta.

Generator Set Emission SCENARIO ESERCIZIO	NO2 media annua	NO2 media oraria valutata come 99.8° perc.	PM10 media annua	PM10 media giorno valutata come 90.4° perc.	CO Massimo orario	SO2 Media annua	SO2 99.72° percentile medie orarie	SO2 99.17° percentile medie giorno
Unità di Misura	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]
Valore Limite	*40*	*200*	*40*	*50*	*10.000*	*30*	*350*	*125*
R01	0.120	44.18	0.0091	0.00142	297.26	0.00057	0.07258	0.01820
R02	0.120	44.39	0.0083	0.00127	194.29	0.00055	0.06836	0.01664
R03	0.175	44.45	0.0110	0.00162	272.16	0.00061	0.08124	0.02399
R04	0.366	113.82	0.0288	0.00354	1137.17	0.00160	0.20072	0.05725
R05	0.090	42.10	0.0080	0.00118	211.60	0.00041	0.06074	0.01664
R06	0.094	43.88	0.0090	0.00129	259.51	0.00047	0.07946	0.01639

Tabella 15 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori SCENARIO ESERCIZIO Test + Back Building + Emergenza (1h).

Generator Set Emission SCENARIO ESERCIZIO	NO2 media annuale	NO2 media oraria valutata come 99.8° perc.	PM10 media annuale	PM10 media giorno valutata come 90.4° perc.	CO Massimo orario	SO2 Media annua	SO2 99.72° percentile medie orarie	SO2 99.17° percentile medie giorno
Unità di Misura	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]
Valore Limite	*40*	*200*	*40*	*50*	*10.000*	*30*	*350*	*125*
R01	0.289	44.44	0.04269	0.00142	891.78	0.00119	0.08608	0.02034
R02	0.297	44.45	0.03896	0.00127	582.87	0.00115	0.07782	0.01855
R03	0.416	44.45	0.05194	0.00162	816.49	0.00127	0.08829	0.02480
R04	0.901	158.00	0.13590	0.00354	3411.52	0.00335	0.24981	0.06486
R05	0.214	44.40	0.03805	0.00118	634.81	0.00085	0.07103	0.01819
R06	0.223	44.39	0.04284	0.00129	778.52	0.00098	0.09399	0.02047

Tabella 16 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori SCENARIO ESERCIZIO Test + Back Building + Emergenza (10h).

9.1 Valutazione della qualità dell'aria post-operam

Come mostrato dai risultati della modellazione con CALPUFF solo i valori di concentrazione del parametro NO2 sono significativi rispetto ai valori di qualità dell'aria. Pertanto, per questo parametro si è proceduto ad elaborare i risultati, in termini di serie temporale oraria per ognuno dei recettori e rivalutati in base allo stato della qualità dell'aria.

Di seguito è riportata la serie temporale acquisita dal sito web di ARPA Lombardia per la stazione di Bergamo v.Meucci e l'anno 2022 [https://www.arpalombardia.it/temi-ambientali/aria/form-richiesta-dati-stazioni-fisse/].

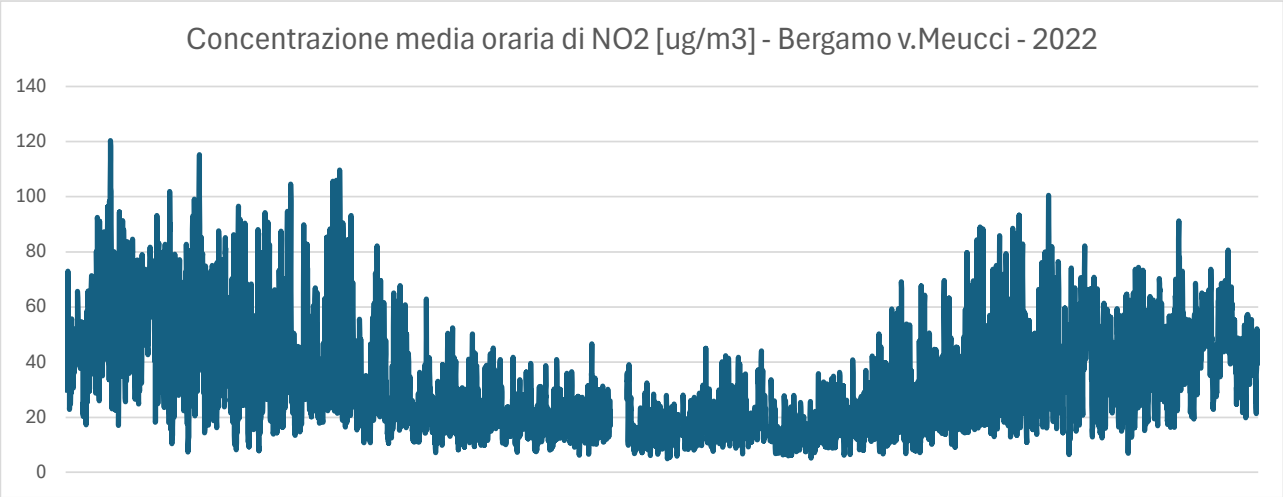


Figura 14 serie temporale di NO2 della stazione di Bergamo via Meucci estratta dal portale ARPA Lombardia.

Nella seguente tabella i valori dei parametri di qualità dell'aria desunti dai dati orari scaricati dal sito di ARPA Lombardia.

Inquinante	Livello di concentrazione	Tempo di mediazione	Valore limite	Bergamo v. Meucci Urbana Traffico
Biossido di azoto NO_2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria	18 volte	0
		Percentile 99.8° delle medie orarie	200 µg/m^3	98.6
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/m^3	31.3

Tabella 17 Valori di concentrazione misurati nella stazione di Bergamo v.Meucci nell'anno 2022.

Si è proceduto all'elaborazione di una serie temporale derivata, in ogni recettore, sommando i valori misurati dalla stazione di Bergamo v. Meucci a quelli predetti da CALPUFF in ogni recettore. In seguito per ogni serie temporale si è provveduto a calcolare il valore della media annuale e del 18° valore più grande della serie annuale.

Scenario Emergenza	CALPUFF		Qualità dell'aria POST OPERAM (CALPUFF + QA)	
	NO2 media annuale	NO2 media oraria valutata come 99.8° perc.	NO2 media annuale	NO2 media oraria valutata come 99.8° perc.
Unità di Misura	[µg/m^3]	[µg/m^3]	[µg/m^3]	[µg/m^3]
Valore Limite	*40*	*200*	*40*	*200*
R01	0.289	44.44	31.61	106.44
R02	0.297	44.45	31.62	110.64
R03	0.416	44.45	31.74	113.93
R04	0.901	158.00	32.22	167.45
R05	0.214	44.40	31.54	102.86
R06	0.223	44.39	31.55	101.04

Tabella 18 risultati delle simulazioni per la condizioni di emissione dei motori PU.

Come risulta evidente dalle tabelle in tutti i punti recettori sono rispettati, nello scenario di esercizio, i valori limite di qualità dell'aria.

10 CONCLUSIONI

Il presente studio si è proposto di valutare, attraverso simulazione modellistica, gli effetti della dispersione in atmosfera degli inquinanti generati dal funzionamento dei 97 generatori di emergenza installati a servizio del nuovo Datacenter di Ponte San Pietro (BG), secondo il layout aggiornato del Data Center D.

L'aggiornamento dello studio è stato effettuato in considerazione del progetto di recupero dell'edificio esistente da adibire a building D, dovuta agli esiti di nuove indagini effettuate sulle strutture esistenti che hanno evidenziato come lo stesso possa essere adeguato sismicamente tramite il ringrosso dei pilastri con i relativi plinti di fondazione nonché tramite il montaggio di carpenterie metalliche in copertura. Questo recupero permette di posizionare i gruppi elettrogeni all'interno dell'edificio ed i punti di emissione a circa 13m di altezza da pc, determinando un miglioramento dal punto di vista degli impatti, mantenendo invariato il numero dei gruppi elettrogeni e le caratteristiche dello stesso.

Le emissioni considerate provengono dalla combustione di gasolio nei motori dei gruppi elettrogeni, ciascuno dotato di proprio camino per il convogliamento dei fumi.

Il funzionamento dei generatori è previsto esclusivamente in caso di emergenze che comportino l'interruzione dell'alimentazione elettrica del sito; è inoltre programmata l'accensione periodica degli apparati nell'ambito dell'ordinaria manutenzione, che prevede l'esecuzione di test programmati di funzionamento.

Gli esiti delle simulazioni effettuate, sia sotto forma di mappe di concentrazione che tabelle, evidenziano, come per lo studio di novembre 2024, che le emissioni dei generatori nelle fasi di TESTING e nella eventuale fase di ESERCIZIO che considera lo scenario cumulato di TESTING ed EMERGENZA, un impatto compatibile sulla qualità dell'aria e conforme ai limiti di legge vigenti.

Confrontando i valori di concentrazione registrati nella stazione ARPA, di Bergamo presa a riferimento per il sito d'esame, si rileva che l'incremento legato all'esercizio futuro dell'impianto, per il parametro NO2, non presenta criticità rispetto la situazione attuale della qualità dell'aria.

Si ribadisce che le emissioni sia in fase di testing che in emergenza rispettano i limiti normativi della qualità dell'aria per la media annuale degli inquinati (polveri come PM10, CO, NOx e SO2) e per i valori di percentili o massimo presi in esame nella modellistica diffusionale.

Risulta infine rilevante come il dimensionamento dei gruppi elettrogeni si basi sulla potenza massima erogabile dalla rete su ogni sala server, dato di fatto mai raggiunto nella realtà poiché nessuna sala dati viene evidentemente costantemente caricata al 100% della potenza nominale erogabile.

I dati statistici forniti da Aruba attestano un carico reale nelle sale dati nell'ordine del 50-60% rispetto a quello massimo nominale. Di conseguenza, sia in caso di emergenza che di simulazione (black building test), i gruppi elettrogeni non funzionano mai alla loro massima potenza ma nell'ordine del 50-60% della massima potenza erogabile. Questo a maggior tutela e sicurezza dei dati e delle elaborazioni svolte.

11 MAPPE DI ISOCONCENTRAZIONE – CONFIGURAZIONE PROGETTUALE

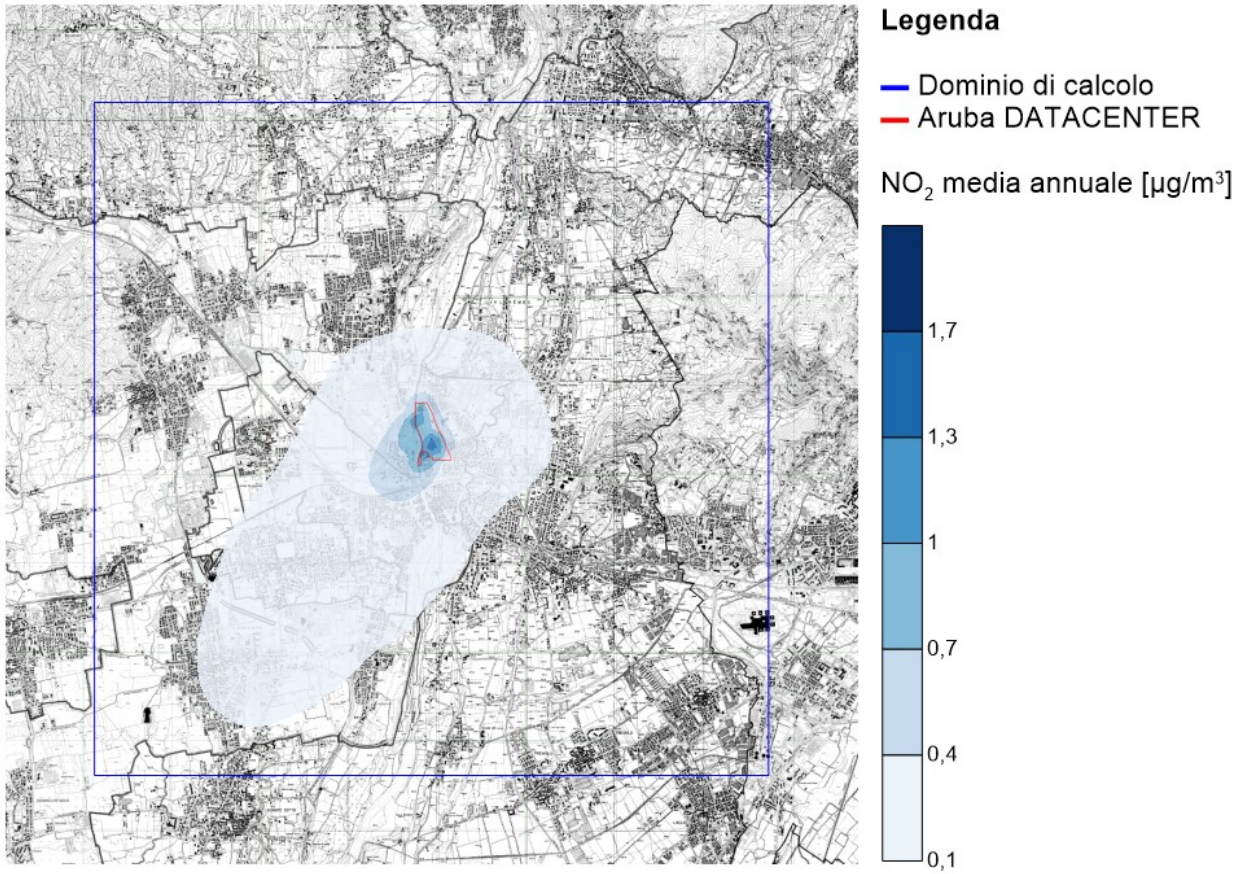


Figura 15 concentrazione del biossido di azoto, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D.

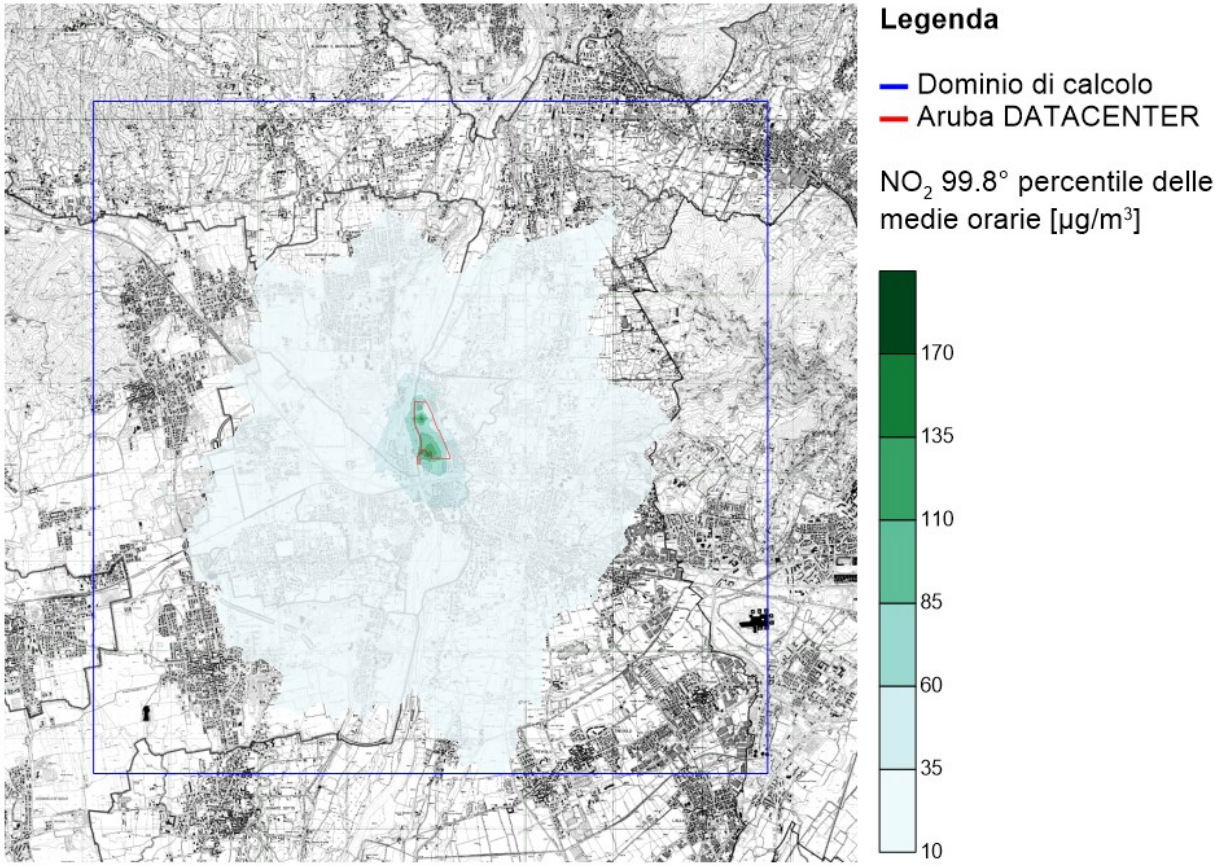


Figura 16 concentrazione del biossido di azoto, 99.8° percentile delle medie orarie per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D.

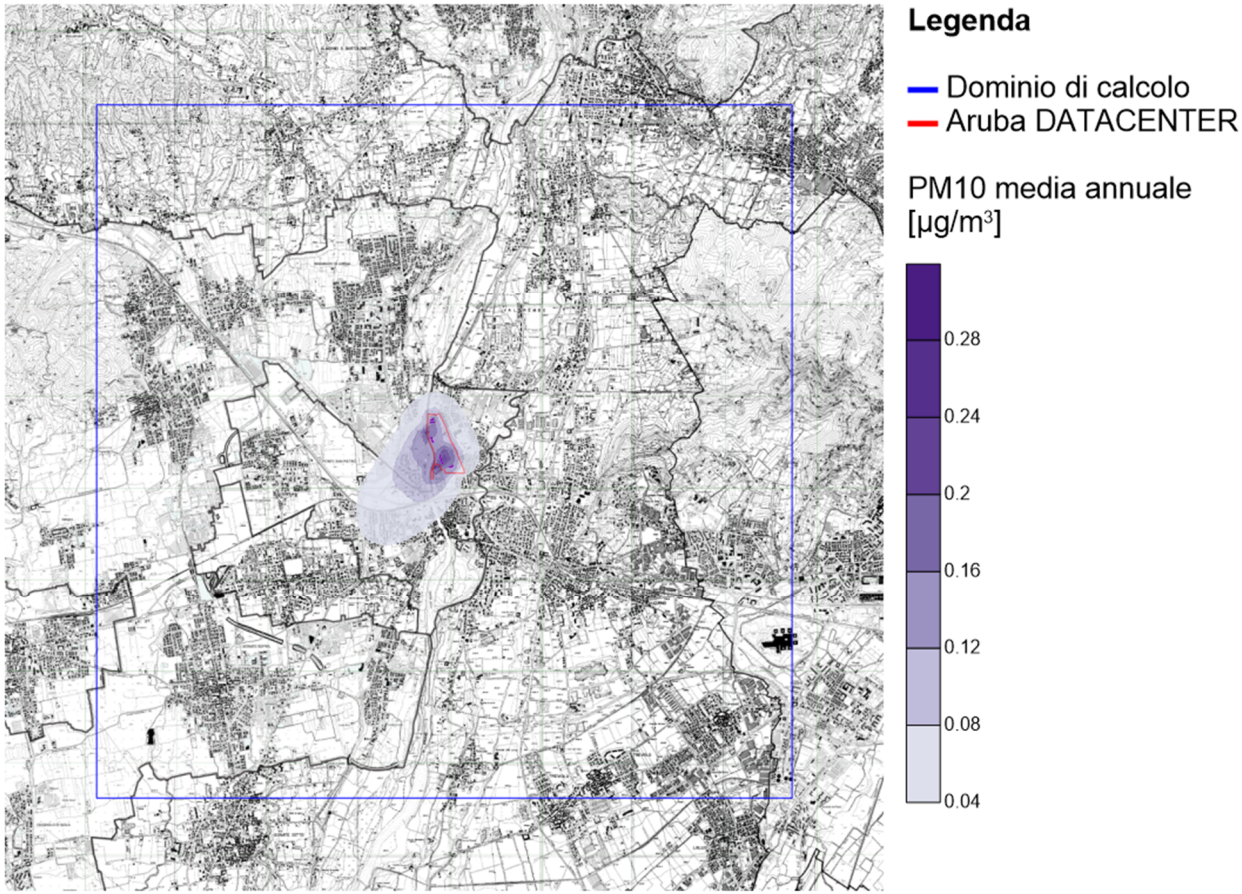


Figura 17 concentrazione del PM10, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D.

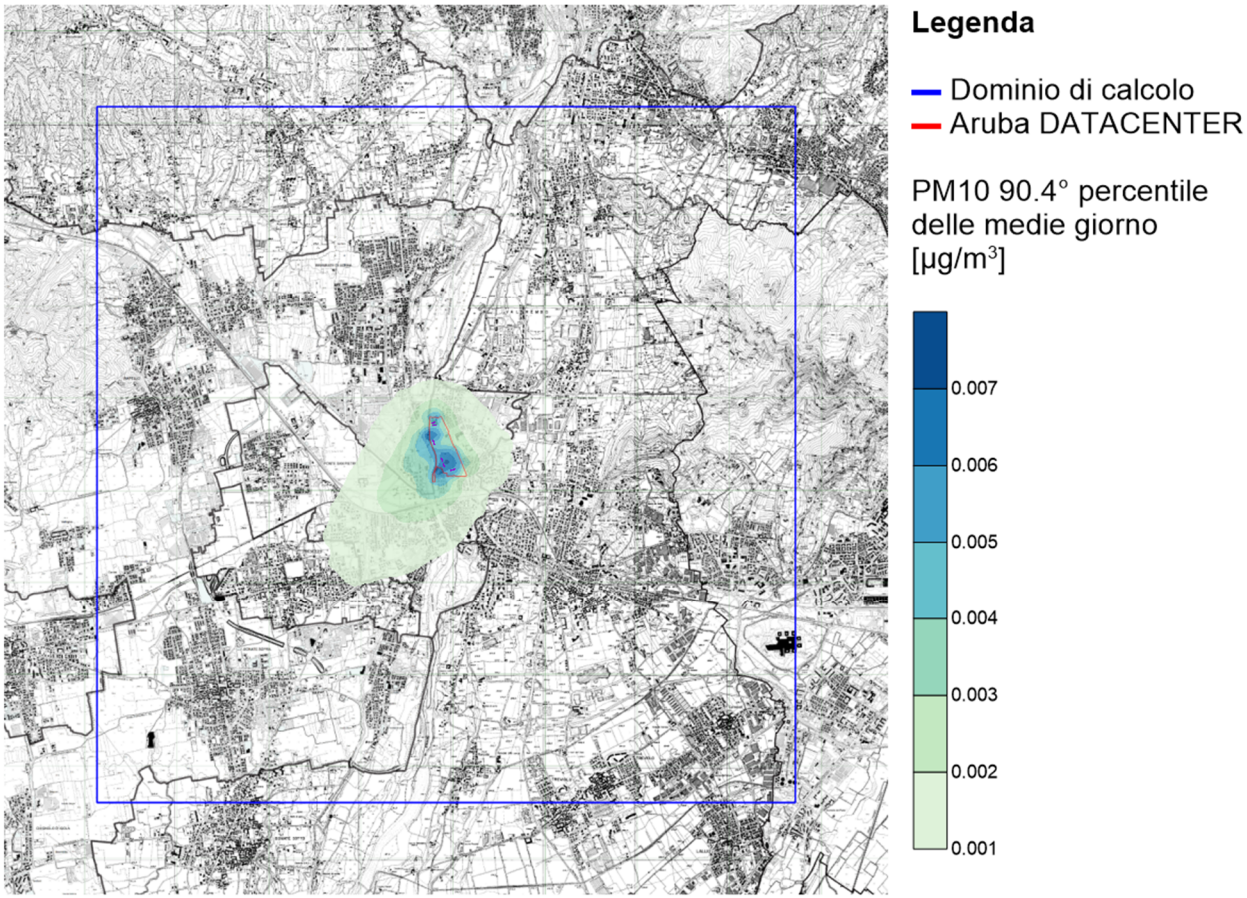


Figura 18 concentrazione del PM10, 90.4° percentile delle medie giorno per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D.

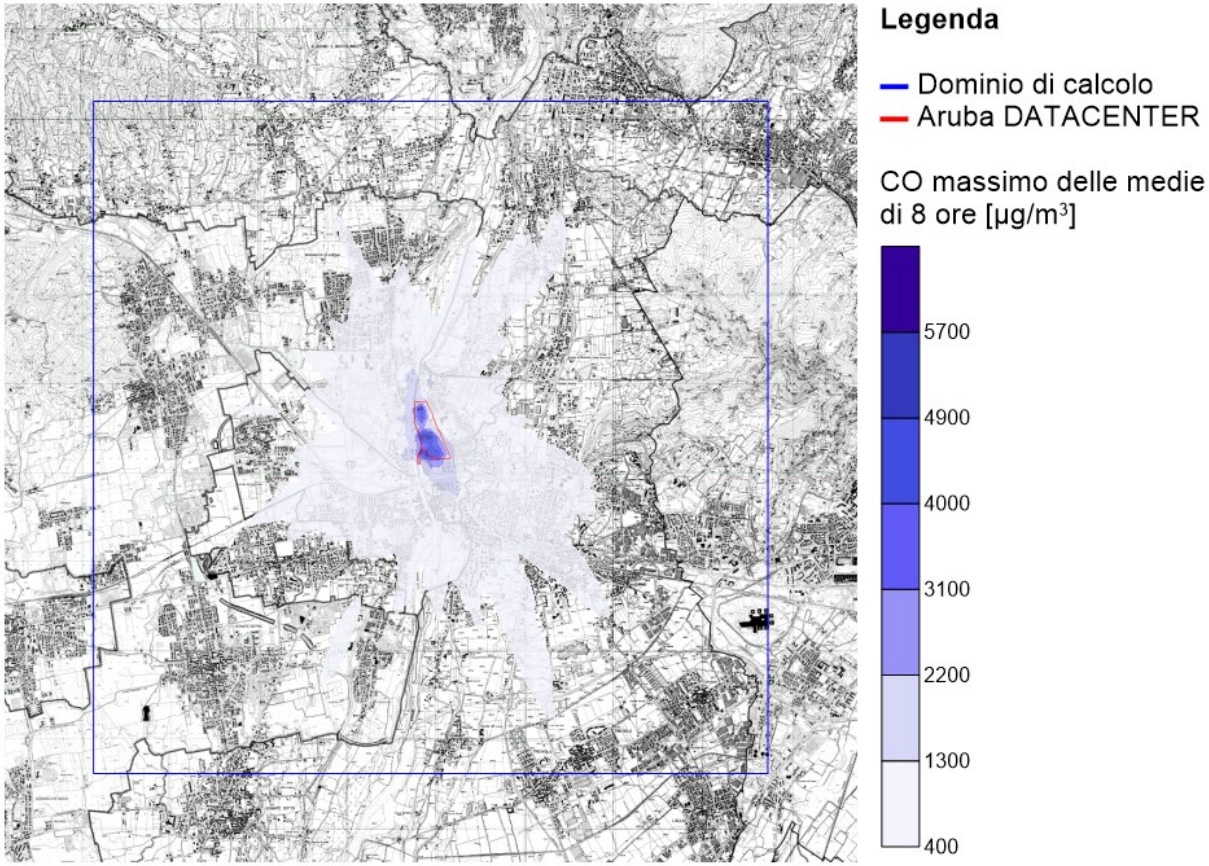


Figura 19 concentrazione del monossido di carbonio massimo delle medie su 8 ore per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D.

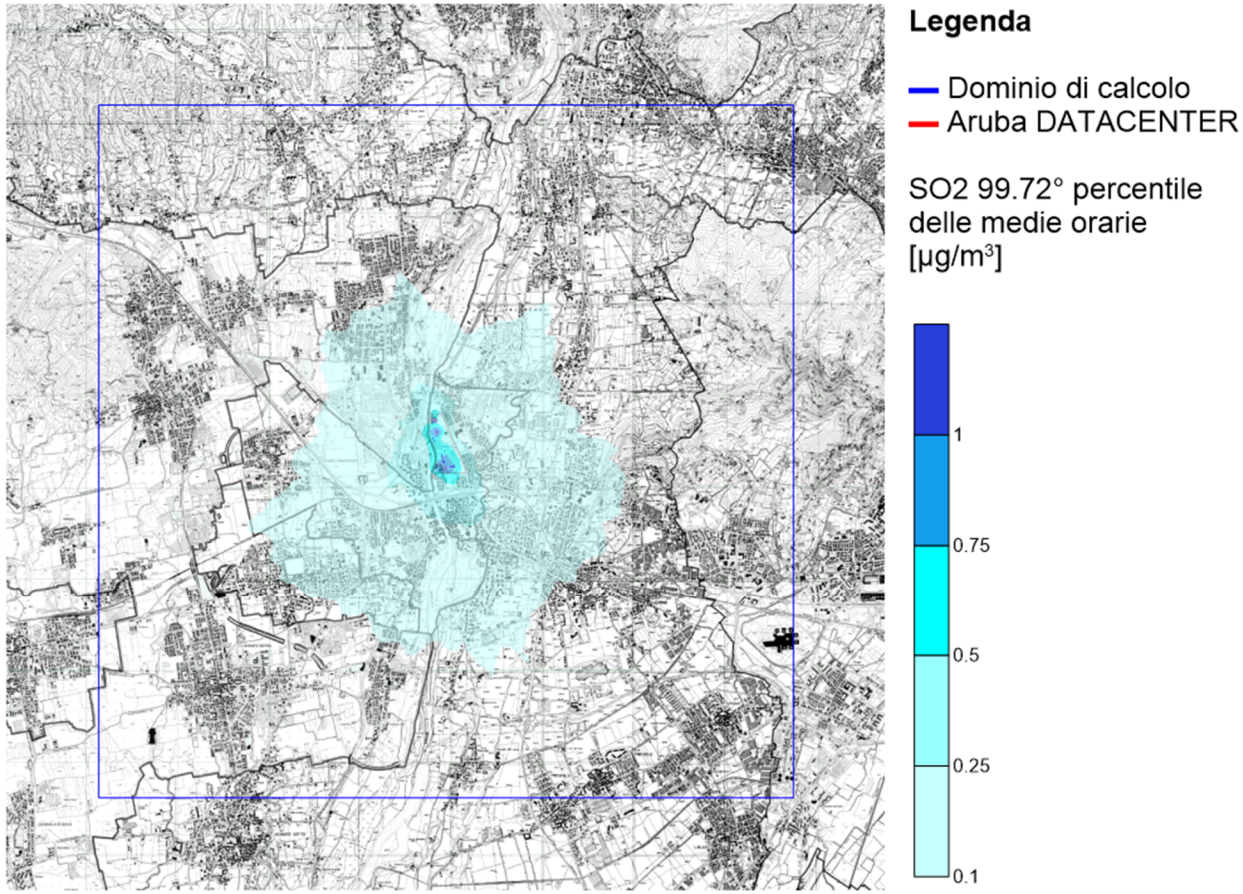


Figura 20 concentrazione del SO2, 99.7° percentile delle medie ora per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D.

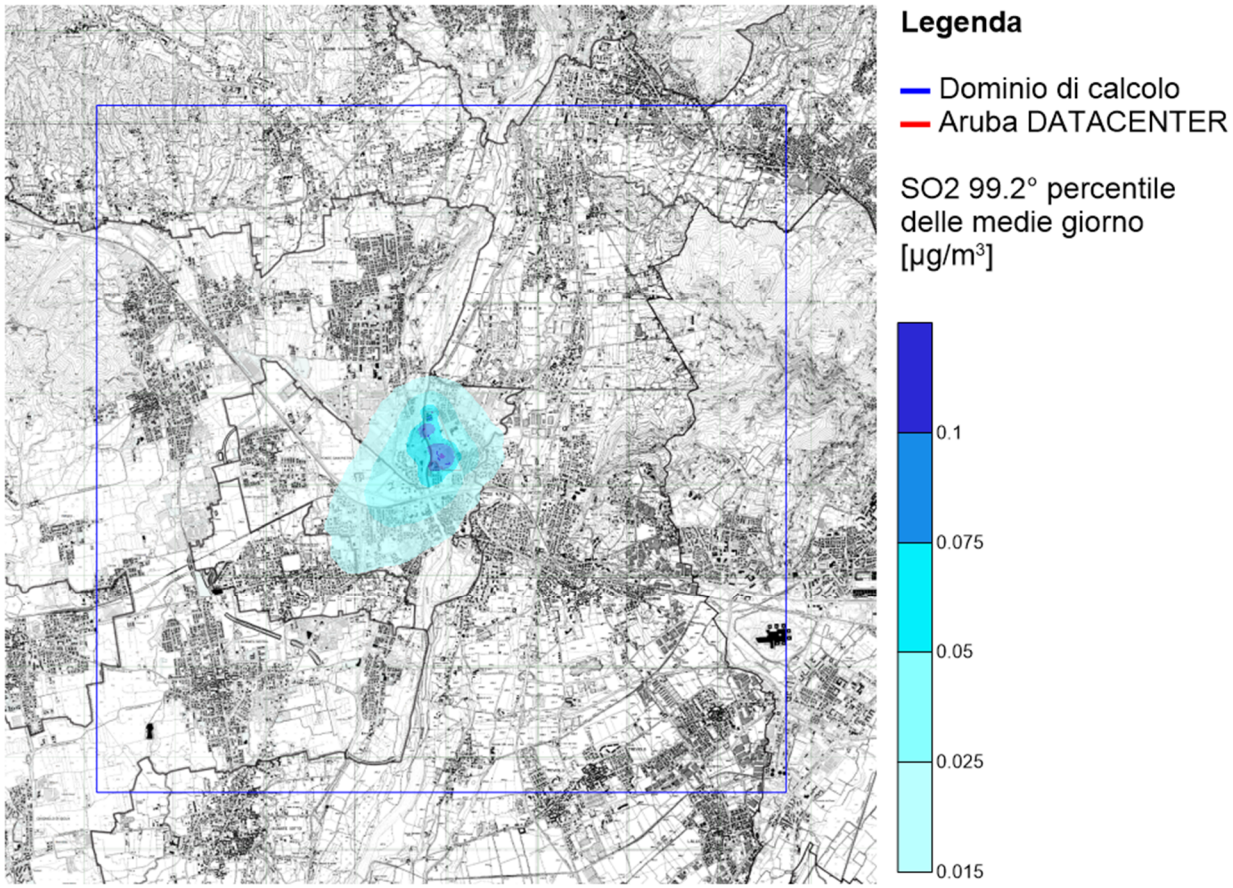


Figura 21 concentrazione del SO2, 99.2° percentile delle medie giorno per lo scenario di ESERCIZIO nella configurazione A/B/C/D.